

# Il Nobel a Giorgio Parisi, gli studi sull'incertezza e le possibili implicazioni didattiche

Gli studenti del Dipartimento di Fisica de 'La Sapienza' hanno salutato Giorgio Parisi con uno striscione sul quale campeggiava il motto *It's coming Rome*: sull'onda dei successi sportivi di questa estate hanno inteso festeggiare così il suo premio Nobel della Fisica 2021 per «la scoperta dell'interazione tra disordine e fluttuazioni nei sistemi fisici dalla scala atomica a quella planetaria», secondo la motivazione dell'Accademia reale svedese delle Scienze. È infatti un premio che torna a Roma per la terza volta, dopo quelli assegnati nel 1938 a Enrico Fermi e a Emilio Segrè, nel 1959.

A condividere con Parisi l'altra metà del Nobel è stata una coppia di fisici: Syukuro Manabe, della Princeton University, e Klaus Hasselmann, del Max Planck Institute for Meteorology di Amburgo. La motivazione nel loro caso è stata ricondotta alla loro «modellizzazione fisica del clima terrestre, che ne quantifica la variabilità e predice in modo affidabile il riscaldamento globale».

Il Nobel quest'anno ha inteso premiare studi collocabili nell'alveo della ricerca sui 'sistemi complessi', ovvero quegli aggregati costituiti da un gran numero di elementi che interagiscono fra di loro anche in maniera molto semplice, ma con effetti su scala globale profondamente diversi da quelli che li hanno originati su scala locale.

## **La fisica dei sistemi complessi vista da Parisi**

Chi si occupa in fisica di sistemi complessi vuole trovare leggi fenomenologiche che da un lato regolano il comportamento globale di tali sistemi, che non sono facilmente deducibili dall'analisi delle leggi locali che regolano il comportamento ciascuno dei singoli costituenti. È stato questo l'obiettivo della meccanica statistica sin dai suoi albori, nella seconda parte dell'Ottocento: il comportamento di gas e liquidi caratterizzati dalla presenza di una moltitudine di particelle viene descritto prendendo in considerazione il comportamento medio della singola particella, più che il suo movimento caotico.

In questo senso le variabili macroscopiche termodinamiche, per esempio la temperatura di un gas, è una misura del valor medio dell'energia posseduta dalla singola particella. Raffreddando poi un gas si passa dallo stato gassoso a quello liquido e infine a quello solido. In questo stato di aggregazione le molecole si dispongono nello spazio in modo ordinato formando il cosiddetto reticolo cristallino. Sulla scia di questo approccio statistico per così dire 'classico', Parisi ha voluto misurarsi con i cambiamenti di stato in condizioni più estreme, in cui il problema della sua trattazione statistica diventa più 'complesso'. Se infatti in un liquido l'abbassamento

della temperatura avviene repentinamente, le molecole non si dispongono più in una struttura cristallina, ma vanno a disporsi in un pattern spaziale irregolare che non cambia quando il liquido viene ulteriormente raffreddato o compresso. Ancora più curiosamente, se si ripete l'esperimento nelle stesse condizioni, le molecole si dispongono in uno schema microscopico ogni volta diverso.

Per arrivare a descrivere tutto ciò, Parisi ha preso in considerazione un sistema statistico più semplice al quale però può essere ricondotto quello dei fluidi raffreddati repentinamente. Il sistema studiato da Parisi è quello dei cosiddetti vetri di spin. Il modello più semplice di vetro di spin è quello di una lega metallica nella quale pochi atomi di ferro sono dispersi, in modo casuale, in un reticolo di atomi di rame. La sporadica presenza di questi atomi di ferro, caratterizzati da una proprietà magnetica, il loro spin, è in grado di alterare in modo molto curioso le proprietà magnetiche globali della lega metallica. Quando la temperatura scende sotto un certo valore specifico, appaiono in questi materiali nuovi effetti, analoghi a quelli del vetro: la risposta a un campo magnetico esterno diventa molto lenta e lo stato del sistema dipende dalla storia precedente. Nei vetri di spin, ci sono alcune coppie di atomi che si allineano nella stessa direzione, e altre che vanno in direzioni opposte. Globalmente, è difficile per questi sistemi trovare un allineamento ottimale.

Il problema risolto da Parisi è legato alla trattazione teorica della cosiddetta 'frustrazione' del terzo atomo, dovuta al fatto che quando lo spin di un atomo di ferro punta verso l'alto e l'altro spin dell'atomo contiguo è rivolto verso il basso, il terzo atomo di ferro dovrà necessariamente orientare il suo spin nella stessa direzione di uno solo dei suoi vicini. Parisi, con una metafora, ha definito questa come la medesima 'frustrazione' vissuta da un personaggio in una commedia di Shakespeare che intende stringere contemporaneamente un'amicizia con due altri personaggi in odio tra loro.

La tecnica da lui applicata si è avvalsa del cosiddetto 'metodo delle repliche', una strategia risolutiva ideata negli anni Settanta, in cui molte copie, o repliche, del sistema vengono elaborate contemporaneamente. La svolta vincente da lui applicata è stata quella di trovare un modo per risolvere i complessi calcoli delle repliche, dal momento che il metodo normalmente utilizzato implicava elaborazioni numeriche assai pesanti.

Il comportamento imprevedibile di un vetro di spin ha permesso a queste leghe di diventare un paradigma per tutti i sistemi complessi e per scopi di studio diversi dalla lega in sé. In conseguenza di ciò la tecnica risolutiva applicata è stata usata in molti sistemi disordinati, diventando uno strumento di analisi su cui si regge gran parte della teoria dei sistemi complessi. Dalle elezioni alla pandemia, dal comportamento degli atomi al moto dei pianeti, dal volo degli uccelli alle turbolenze dei mercati finanziari, i risultati di Parisi hanno avuto una ricaduta enorme in molti ambiti della ricerca scientifica, spesso assai lontani dalla fisica.

**Parisi e l'insegnamento delle materie scientifiche a scuola**

Non è scontato parlare di un premio Nobel per la fisica in un Paese come l'Italia in cui si è perso quasi del tutto l'interesse per le scienze. L'esiguità dei fondi destinati alla ricerca solo in parte, secondo Parisi, spiega lo scarso appeal che i corsi di laurea scientifici esercitano sulle nuove generazioni: chi intraprende studi in questi ambiti sa già che se vorrà continuare a fare ricerca, molto probabilmente sarà costretto a emigrare in un Paese in cui esistono politiche di sviluppo più attente alla ricerca. I motivi di tanta disaffezione sono però anche altri e se le materie scientifiche sono tra le meno amate, la scuola ha la sua parte di responsabilità.

Occorre quindi chiedersi quale siano i problemi principali nell'insegnamento della scienza a scuola. Sicuramente tra questi va annoverata l'esiguità delle ore a disposizione delle materie scientifiche: rispetto alle ore complessive: se al liceo classico quelle di scienze coprono meno del 10% del totale, si arriva a un massimo del 27% solo nel liceo scientifico, indirizzo scienze applicate, e solo all'ultimo anno!

A questo si aggiunge il problema, atavico e mai risolto dalle varie riforme, rappresentato dalla necessità di creare un percorso didattico incentrato sugli interessi dello studente che sia in grado di coinvolgerlo in prima persona a partire da tematiche e metodologie didattiche al passo con i tempi.

Parisi è convinto che scardinare gli approcci metodologici 'statici' della scuola italiana (lezioni frontali o, al massimo, esercizi orientati al *problem solving*) per sostituirli con una didattica laboratoriale e quindi induttiva, potrebbe essere la chiave per risolvere il problema.

E ora la domanda fondamentale, come interessare gli studenti a temi scientifici? Si potrebbe iniziare creando situazioni in modo da stimolare gli studenti a fare domande scientifiche, partendo da qualcosa che desti la loro curiosità o affrontando temi di attualità che riguardino l'ambiente. Capire che farsi domande sulla realtà complessa che ci circonda è il primo passo per acquisire consapevolezza su di essa è l'elemento fondamentale di questo nuovo approccio alla didattica. Parisi ci ricorda infatti che fino a venti anni fa i fenomeni che tradizionalmente venivano studiati nei laboratori di ricerca erano solo quelli riproducibili, ovvero che si potevano ripetere varie volte con gli stessi risultati. Negli anni Settanta un gruppo consistente di studiosi ha cominciato a cambiare atteggiamento, e a interessarsi a fenomeni in cui non è possibile fare previsioni certe, ma solo indicare delle probabilità: parole come caotico, irregolare, imprevedibile, che nel passato avevano un significato negativo, hanno acquistato un significato positivo, arricchendo gli ambiti di applicazione del metodo scientifico.

Sul piano didattico lo scopo primario delle discipline scientifiche dovrebbe perciò essere secondo Parisi, quello di indurre curiosità verso il mondo e poi dare gli strumenti e soprattutto il metodo da usare per soddisfare tale curiosità. Si tratta di costruire un percorso che porti alla soluzione tenendo come faro il metodo scientifico. Partendo da un problema reale (magari suggerito dagli studenti stessi) si può più facilmente giustificare la necessità di introdurre strumenti di calcolo o modelli teorici anche

contro-intuitivi.

Potrebbe essere utile, inoltre, fare digressioni storiche su come si è arrivati a una certa teoria per evidenziare le difficoltà e mostrare come opera la scienza, come si crea il consenso e come alla fine si giunga a una verità condivisa. Una scienza piena di dubbi e incertezze può sembrare paradossale e inutile ma, in realtà, è proprio su queste incertezze che si è creato il progresso scientifico-tecnologico.

### **Bibliografia essenziale**

G.Ciccotti , M. Cini , M. de Maria , G. Jona-Lasinio, *L'ape e l'architetto*, Franco Angeli ed., 2011

1. Parisi, *La chiave la luce e l'ubriaco*; Di Rienzo ed., 2006
2. Mayer, G. Parisi, *Appassionare alla scienza*, Micromega 6, 2014

Alessandro Albanese Docente di fisica nella secondaria di secondo grado, ha collaborato al Laboratorio di didattica delle scienze della 'La Sapienza' di Roma. Collaboratore-autore della Treccani. Domenico Lucani Docente di fisica nella secondaria di secondo grado; ha svolto attività di ricerca presso i laboratori della Casaccia dell'ENEA e CREO dell'Università dell'Aquila