

Sulle spalle dei giganti

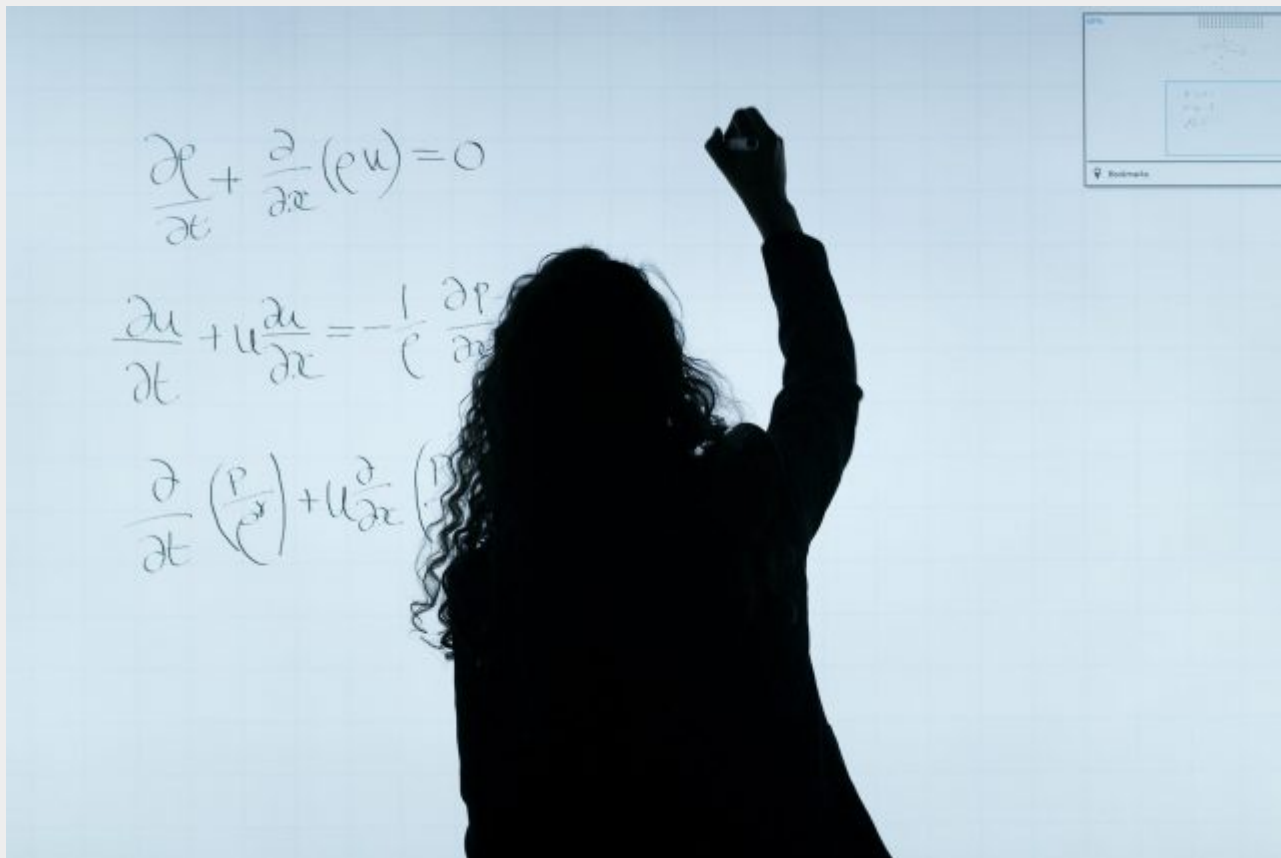


di Roberto Dominici

L'anno 2021 sarà ricordato non solo per i grandi successi sportivi della nostra Italia, ma anche per il prestigioso riconoscimento alla big Science italiana con l'assegnazione del premio Nobel al fisico **Giorgio Parisi** insieme a **Klaus Hasselmann** e **Syukuro Manabe**.

Attivo in fisica teorica, soprattutto nel campo della fisica statistica e nella teoria dei campi, con **Carlo Rubbia** e **Michele Parrinello**, Parisi è uno dei tre fisici italiani membri della National Academy of Sciences degli Stati Uniti d'America.

La motivazione del premio è stata la seguente: ***“Per la scoperta dell'interazione fra disordine e fluttuazioni nei sistemi fisici dalla scala atomica a quella planetaria”***. Si tratta di studi che hanno come oggetto i sistemi fisici complessi, da quelli su più larga scala sperimentati dagli esseri umani, come il clima terrestre, fino alla struttura microscopica e alla dinamica di materiali particolari e comuni come il vetro. In fisica un sistema complesso è un sistema dinamico a multicomponenti ovvero composto da diversi sottosistemi che tipicamente interagiscono tra loro.



Tali sistemi vengono studiati attraverso apposite metodologie di indagine di tipo "olistico" ovvero come computazione "in toto" ("**il tutto è maggiore della somma delle singole parti**") dei comportamenti dei singoli sottosistemi assieme alle loro reciproche interazioni (eventualmente non-lineari), descrivibili analiticamente tramite modelli matematici, anziché in maniera "riduzionistica" (cioè scomponendo e analizzando il sistema nei suoi componenti).

Lasciando la descrizione precisa di questi modelli agli addetti ai lavori, desidero ricordare che la "complessità" era diventata oggetto di interesse scientifico a partire dagli anni Settanta, anche se gli studi che ne avevano segnato l'inizio erano già emersi con gli articoli del meteorologo **Edward Lorenz** con il suo famoso "effetto farfalla", termine che racchiude la nozione presente nella teoria del Caos.

Il concetto della dipendenza sensibile dipende dalle condizioni iniziali: piccole variazioni nelle condizioni iniziali producono grandi variazioni nel comportamento a lungo termine di un sistema. A questo si aggiunge il concetto di imprevedibilità dei sistemi complessi riassunta dalla frase: **niente si ripete mai e tutto influenza il risultato**, pronunciata da **Ian Malcolm** immaginario matematico di Jurassic Park.

All'inizio degli anni Ottanta la rivista "Scientific American" dedicava un famoso articolo agli "attrattori strani", con il sottotitolo "schemi matematici fra l'ordine e il caos", firmato da **Douglas R. Hofstadter**, autore

del libro cult "Godel, Escher e Bach" (1979, Adelphi, 1984).



Poi gli studi nei diversi ambiti della ricerca scientifica e della filosofia si sono diffuse, insieme alle opere divulgative come il famoso "Caos" di **James Gleick** (Rizzoli, 1989).

Parisi ha evidenziato che il termine "complessità" va usato con cautela e non come alibi per la nostra ignoranza: sistemi che non comprendiamo possono rivelarsi solamente complicati, manifestare un ordine soggiacente, offrirsi alla decifrazione di un algoritmo.

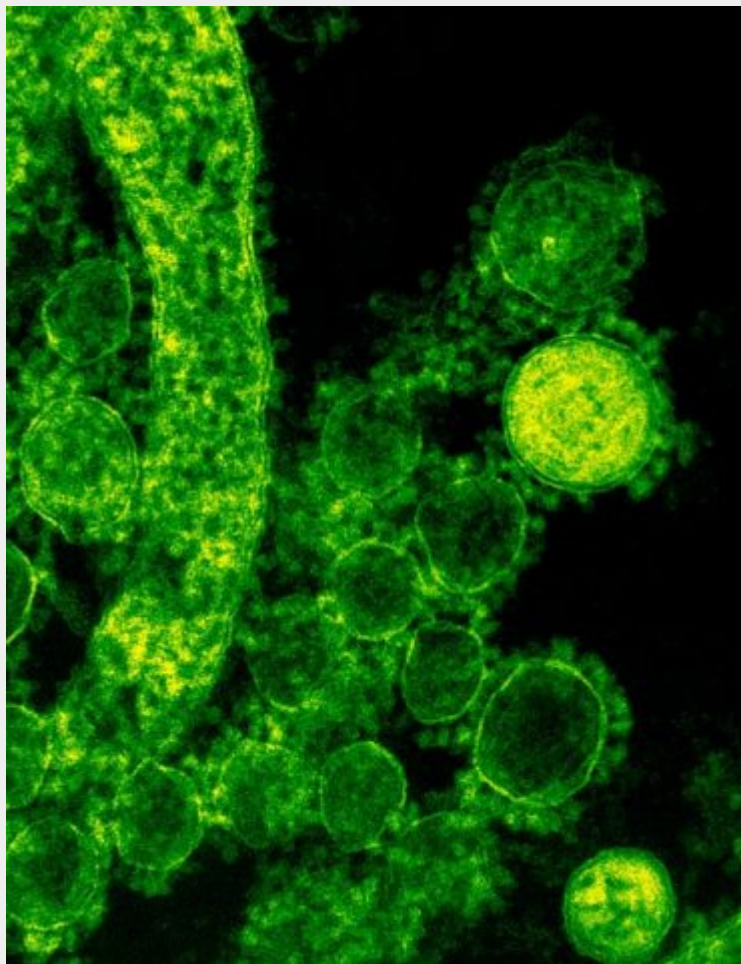
Meglio riservare il termine "complessità" ad insiemi non omogenei e disordinati, ad esempio quelli che la Fisica incontra a fine Ottocento quando **Henry Poincaré** riflette sul problema dei tre corpi, anomalia, per dirla con **Kuhn**, "nella armonia" dell'universo newtoniano.

Se può essere semplice descrivere l'interazione di due masse (ad esempio la Terra e il suo satellite Luna) in base alla legge di gravitazione, le cose si fanno appunto "complesse" quando consideriamo le reciproche interazioni fra 3 o più corpi: le soluzioni cominciano a essere approssimate, sfuggono al determinismo che consente di prevedere con certezza il momento di un'eclissi lunare o il passaggio della cometa **Shoemaker Levy**.



In un sistema complesso è possibile indicare la probabilità del prodursi di un processo, si possono scrivere le equazioni, ma non si riesce a integrarle; e questo perché basta cambiare di pochissimo le condizioni iniziali per ritrovarsi con un'evoluzione del sistema del tutto diversa.

Lo studio dei **sistemi fisici complessi** ha applicazioni che vanno dalle neuroscienze (lo studio del cervello) alla immunologia (penso anche agli studi di **Niels Jerne** sulla teoria della rete), all'apprendimento automatico e reti neurali, lo studio dell'atmosfera, il comportamento delle particelle elementari, dei pianeti, delle galassie, degli stormi di uccelli cioè tutti quei fenomeni, in cui un gran numero di unità sono collegate attraverso interazioni disordinate.



Queste unità possono essere atomi, ma anche neuroni, geni, proteine, specie, agenti. Nel fare l'annuncio, il Comitato Nobel per la Fisica ha evidenziato un sistema complesso in particolare: il clima terrestre che grazie agli studi dei vincitori del premio è possibile descrivere in modelli che permettono di quantificare e prevedere la variazione del riscaldamento globale e dimostrare che livelli crescenti di anidride carbonica nell'atmosfera portano a temperature crescenti sulla superficie terrestre.

“Le scoperte riconosciute quest'anno dimostrano che le nostre conoscenze sul clima poggiano su solide basi scientifiche, fondate su una rigorosa analisi delle osservazioni che rappresenta l'esempio dell'inestimabile contributo della scienza all'umanità.”