

## **Su verosimiglianza, verità, e realismo.**

Contributo di *ALFREDO SPADONI*.

Polkinghorne, nel libro “Teoria dei quanti” (Codice ed. 2007), afferma:

Per i realisti,..., il ruolo della scienza è quello di scoprire l'essenza reale del mondo fisico. Si tratta di un obiettivo che non potrà mai essere raggiunto: ci saranno sempre domini fisici nuovi...che attendono di essere studiati e il cui comportamento potrebbe mostrare delle caratteristiche assolutamente inattese. Una definizione onesta dei risultati cui dovrebbe mirare la fisica può parlare tutt'al più di verosimiglianza (una descrizione accurata di un insieme di fenomeni ampio ma ben definito), e non di verità assoluta (la descrizione totale della realtà fisica). I fisici sono, in questa prospettiva, i cartografi del mondo: le teorie che scoprono sono adeguate a una certa scala, ma non sono in grado di descrivere ogni particolare di tutto quello che accade.

Il discorso di Polkinghorne mi pare condivisibile anche se andrebbe più ampiamente chiarito il rapporto fra verosimiglianza e verità. Il concetto di verosimiglianza ha qualche vaghezza. Inteso come discorso che ha l'aspetto del vero o che può essere vero non esprime con precisione il senso che credo debba avere in questo contesto.

Le teorie fisiche non colgono la verità nella sua totalità, ma livelli parziali credo di sì.

Dunque il discorso scientifico è verosimile perché parzialmente vero. Il rapporto che rimane fra le teorie che storicamente si succedono conforta la fiducia che un certo livello di verità ciascuna l'abbia colto.

Naturalmente sono le ultime teorie che rendono chiaro il limite di validità di quelle precedenti e anche il loro contenuto di verità. Le nuove teorie aumentano il campo dell'intelligibile e l'avanzamento nel livello di verità raggiunto è proprio definito dall'accresciuta intelligibilità che portano sul reale.

Per quanto riguarda l'ontologia credo non sia corretta una analisi filosofica che non tenga conto delle conoscenze fisiche. Ad esempio, la polemica fra Einstein e Bohr, sulla “non località” o “entanglement”, ha rivelato un aspetto della struttura del reale che ha rilevanza ontologica.

Il fatto che l'insieme dei dati sperimentali possa essere spiegato sia con la meccanica quantistica della scuola di Copenaghen che con la teoria di Bohm, basata su una filosofia personale diversa, e che entrambe richiedano la “non località”, porta a ritenere che questa non appartenga all'epistemologia ma alla realtà dell'essere.

## **REALISMO**

La verità scientifica non ha oggi la pretesa di assolutezza che il realismo ingenuo le attribuiva. Ha una dimensione storica; le teorie cambiano, si trasformano. La crescita non è lineare, cumulativa ma presenta caratteri che sconvolgono il quadro delle credenze precedenti. Si parla per questo di rivoluzioni scientifiche.

Riconoscere questo implica accettare che la scienza si riduca ad essere un nostro discorso sul mondo senza riferimento all'essere del mondo? Che la verità scientifica non sia altro che un accordo fra gli esperti? Oppure è possibile riconoscere alla scienza un valore conoscitivo oggettivo al di là dei cambiamenti? È possibile un realismo nonostante la dimensione storica del discorso teorico? Io credo di sì.

Vi sono molte ragioni per crederlo e molti indizi possono sostenere l'ipotesi di un realismo critico. Uno di questi è che le vecchie teorie quasi sempre mantengono un livello di verità che permane e le

rende ancora utilizzabili in ambiti limitati di esperienza. La meccanica classica continua ad essere usata; descrive bene i moti e funziona correttamente per prevedere i comportamenti di oggetti con velocità piccole rispetto alla velocità della luce. In questo ambito ha un suo contenuto di verità. La teoria della gravitazione di Newton è ancora alla base della esplorazione del sistema solare perché i suoi limiti riguardano la descrizione di campi gravitazionali molto più intensi di quelli lì presenti.

La meccanica quantistica si riduce alle previsioni classiche quando è in esame il comportamento di grandi quantità di particelle.

Le vecchie teorie, anche quando sono soppiantate da nuove, mantengono un loro grado, o livello di efficienza e verità.

L'utilità implica o non implica che le teorie, pur coi loro limiti, parlino della realtà com'è? Forse non si tratta di un'implicazione logica ma solo di un indizio e altri sono rintracciabili nella storia della scienza, nei modi del suo divenire, nelle condizioni che ne determinano i cambiamenti, in ciò che emerge come nuova unità lungo le linee dei discorsi teorici.

Sono molteplici gli esempi di verità scientifiche che gli scienziati hanno faticato ad accettare ma che alla fine la realtà sperimentale ha imposto.

La convinzione che l'universo fosse stabile, uniforme ed omogeneo su larga scala, era così radicata che, nonostante dal 1915 le equazioni della relatività generale avessero prospettato la possibilità di un universo in espansione, l'opinione dominante rimaneva legata ad un concezione stazionaria dell'universo. Einstein stesso modificò le sue equazioni iniziali introducendo una costante cosmologica che consentisse la previsione di un universo statico. L'idea di una espansione cosmica non si affermò neanche dopo la scoperta dello spostamento verso il rosso della luce proveniente dalle galassie lontane, scoperta che appariva indicare un allontanamento delle stesse da noi. È del 1929 la legge di Hubble che stabilisce una relazione lineare fra velocità di allontanamento e distanza delle galassie dall'osservatore. Nonostante questo si mantennero in concorrenza una teoria dello stato stazionario e una di un universo in espansione. Nel 1953 furono scoperte un centinaio di radiosorgenti la cui distribuzione rivelò una densità diversa nel lontano passato, testimoniando una evoluzione temporale. Negli anni sessanta una analoga testimonianza veniva dalla scoperta delle quasar ma ancora le evidenze sperimentali non resero completamente dominante il modello di universo in espansione. Per l'affermazione decisiva occorre aspettare la scoperta della radiazione di fondo che risale al 1966. Tale radiazione era prevista dalla teoria e la scoperta casuale della sua presenza nel cosmo rappresentò la confutazione definitiva del modello stazionario. Come può vedersi molte evidenze sperimentali sono state necessarie per l'imporsi di questa verità.

Anche non a livello di teorie cosmologiche si trovano esempi in cui la realtà si impone ed obbliga al cambiamento delle opinioni dominanti. Alla fine dell'800 la meccanica newtoniana e l'elettromagnetismo di Maxwell sembrano costituire conquiste definitive del sapere scientifico ma il tentativo di applicarle alla comprensione dei fenomeni atomici rivela i limiti che porteranno alle nuove teorie dei primi anni del '900. Le esperienze di Rutherford, di bombardamento di lamine d'oro con particelle alfa, affermarono il modello planetario di atomo. Gli elettroni, con carica elettrica negativa orbiterebbero attorno al nucleo come satelliti in un campo gravitazionale. Ma le equazioni di Maxwell prevedono che cariche accelerate, come sono gli elettroni in orbita, emettano radiazione, perdano energia e spiralizzino sul nucleo le cui dimensioni sono 10.000 volte minori di quelle degli atomi. Non si spiegano così le dimensioni e la stabilità che gli atomi rivelano nell'esperienza. Nella spiralizzazione degli elettroni sul nucleo di un atomo eccitato si dovrebbe avere una emissione di radiazione a spettro continuo mentre l'osservazione rivela spettri a righe caratteristici per gli atomi di ciascun elemento.

La realtà pone problemi al discorso teorico e impone la necessità dei cambiamenti. I primi anni del '900 sono ricchi di esempi che rivelano come l'esperienza crei situazioni vissute come paradossali

dai ricercatori. Si pensi alla radiazione di corpo nero, all'effetto fotoelettrico, al dualismo onda corpuscolo, apparso, dopo l'esperimento di Taylor, come una proprietà delle singole particelle, e al ruolo di questi fatti nella nascita della meccanica quantistica. L'esperienza impone la necessità di riorganizzare il mondo percepito, ma le categorie con cui ordiniamo i dati non sono a priori, come voleva Kant, ma mutano coi problemi che storicamente si presentano. L'esperienza impone i cambiamenti delle categorie che l'intelletto elabora per il superamento delle difficoltà. Anche questi mi sembrano indizi per una tesi realistica piuttosto che psicologista.

Ma c'è di più, se si guarda alla storia delle trasformazioni teoriche, al di là degli aspetti che si presentano come radicali rivoluzioni concettuali, sono individuabili linee di continuità che rivelano strutture di tale necessità, fondamentalità e universalità da apparire parte del progetto generale dell'universo. Vediamo come nasce e si sviluppa questa linea unificante, questa profonda verità sul mondo.

Già nella fisica classica i principi di simmetria sono importanti ma non sono considerati fondamentali. Forse è il caso di precisare che il concetto di simmetria qui significa invarianza rispetto ad una trasformazione e che per il nostro discorso ha importanza l'invarianza delle leggi.

Le trasformazioni considerate inizialmente erano relative allo spazio e al tempo: traslazioni e rotazioni. Rappresentano la richiesta che le leggi della fisica siano le stesse in qualunque istante e laboratorio di ricerca comunque traslato o ruotato. Fanno riferimento alla comune esperienza che le cose non ci appaiono diverse da luogo a luogo e in anni diversi ma anche alla constatazione che tali invarianze sono condizioni di intelligibilità del reale.

Sono tali invarianze o simmetrie che danno luogo a precise condizioni per le teorie che le rispettano. Ad esempio la traslazione dello spazio in sé dà luogo alla legge di conservazione della quantità di moto, la rotazione alla conservazione del momento della quantità di moto e la traslazione nel tempo alla conservazione dell'energia.

Già Galileo richiese per la meccanica e per le sue leggi una ulteriore simmetria. Si rese conto che le leggi della meccanica dovevano risultare le stesse per osservatori in moto rettilineo ed uniforme l'uno rispetto all'altro, osservatori inerziali. Tradusse anche in termini matematici questa esigenza scrivendo le formule di trasformazione per passare dallo spazio di un laboratorio a quello di un altro in moto uniforme rispetto al primo. Si chiamano appunto le trasformazioni di Galileo -T.G-.

Nella seconda metà dell'800 Maxwell portò a termine la sistemazione dell'elettromagnetismo. Le sue equazioni operarono una formidabile sintesi in un ampio quadro di fenomeni ma non risultarono invarianti per le -T.G-. Questo poteva significare che i fenomeni elettromagnetici non godono della simmetria relativa. Ma l'esperienza non dava indicazioni in tale senso.

Lorentz trovò delle trasformazioni, (-T.L-), rispetto alle quali erano invarianti le equazioni di Maxwell.

La situazione era abbastanza problematica. Potrebbe anche non valere il principio di relatività per tutti i fenomeni fisici.

Alla fine dell'800 la meccanica e l'elettromagnetismo erano considerate solide teorie, fortemente confermate dall'esperienza; come era possibile che la medesima simmetria avesse per l'una e per l'altra espressione matematica diversa?

Einstein decise di affrontare la questione prendendo per buone le equazioni di Maxwell e le -T.L-.

Modificò la meccanica newtoniana salvandone per quanto possibile i principi e introducendo quelle sole modificazioni necessarie per renderla invariante per le nuove formule di trasformazione.

Fatta la scelta lo sviluppo teorico aveva una sua necessità: la massa deve variare con la velocità, massa ed energia diventano scambiabili e una massa a riposo ha un contenuto di energia. Queste

cose appartengono alla teoria della relatività ristretta di Einstein e risalgono al 1905.

Cambiano i concetti di massa, di energia, di spazio e tempo ma non certi aspetti strutturali come i principi di conservazione di quantità di moto e di energia pur introducendo modifiche concettuali.

In questa storia c'è un altro elemento che merita di essere evidenziato anche se storicamente allora non fu avvertito così fondamentale come poi è emerso. È il ruolo delle simmetrie nella ricerca della verità.

Sono le simmetrie che impongono certe caratteristiche specifiche alle teorie, pongono dei limiti al discorso che appare sempre più necessario, immodificabile o con margini molto ristretti di cambiamento.

Ci si è resi conto pian piano che i principi di simmetria sono nello stesso tempo principi di semplicità, di bellezza e di intelligibilità. Tali principi appartengono al piano epistemologico o a quello ontico?

Ad esempio, se i fenomeni fisici non cambiano, a parità di altre condizioni, sulla Terra o su Marte, la traslazione nello spazio è una simmetria della realtà che dovrà rientrare nel discorso teorico con le conseguenze che comporta. Nel nostro caso allora la conservazione della quantità di moto dovrà essere presente in tutte le teorie che eventualmente si succederanno. Pertanto ritengo che questo appartenga alla realtà e non al discorso su di essa.

Ma, particolarmente in questo secolo, si è visto che decretano l'esistenza stessa di determinate realtà fisiche.

La simmetria rispetto alle -T.L.-, assumendo la velocità della luce come velocità limite, comporta che il campo gravitazionale non possa essere visto come azione a distanza, ma che debba essere inteso come un'entità reale che si propaga nello spazio con la velocità della luce.

Vediamo come è proseguita la storia di questa educazione a cercare simmetrie. Questo interessa perché è utile al fine di capire se siamo noi ad imporle o se si tratta, come credo, di una specie di selezione che la realtà opera sulle categorie che usiamo per capire il mondo. Dunque è ancora la tesi che è l'esperienza che detta le condizioni del progredire, che modella le strutture dell'intelletto, che rivela aspetti sempre più profondi e nascosti dell'essere.

Ma come afferma Weinberg nel libro "Il sogno dell'unità dell'universo" per importanti che siano in fisica classica le simmetrie delle leggi naturali lo sono ancora di più in meccanica quantistica.

La materia perde la sua posizione centrale; restano i principi di simmetria e i comportamenti diversi che la funzione d'onda, associata alla particella, può avere rispetto a certe trasformazioni simmetriche.

Con l'affermarsi della teoria quantistica dei campi scompare il dualismo campo-particella e si ha una visione unitaria della realtà fisica. Quantisticamente i campi diventano fasci di particelle. I campi elettromagnetici sono fasci di fotoni, quelli gravitazionali di gravitoni, le interazioni deboli sono scambi di particelle W e Z e le interazioni forti di gluoni. La distinzione fra materia e forza scompare poiché ciò che chiamiamo forza fra particelle materiali è uno scambio di particelle.

Dunque i campi e le forze corrispondenti si riducono alle particelle materiali e queste si riducono ai comportamenti della funzione d'onda per specifiche trasformazioni simmetriche.

Sono le cosiddette simmetrie interne a ridurre la determinazione di una particella elementare a operazioni di simmetria. Ossia, se nelle equazioni scambiamo le particelle, la forma delle leggi naturali non cambia, il che significa che nel fenomeno descritto le particelle coinvolte non hanno una identità definita.

Nella meccanica quantistica è possibile che una particella sia in uno stato nel quale non è in modo

definito né un elettrone, né un neutrino, né un fotone finché non misuriamo una proprietà che li distingue.

Come si vede ciò che è fondamentale non è tanto il tipo di particella ma la struttura delle leggi. Sono queste strutture a non essere contingenti e sono le simmetrie a determinare come devono essere le strutture per risultare invarianti.

La loro bellezza è legata alla loro universalità e semplicità e alla capacità di spiegare perché le particelle sono quello che sono.

Il primo esempio di simmetria interna o locale risale agli anni '30, riguarda il protone e il neutrone nelle interazioni forti, e fu scoperta con una certa sorpresa in alcuni esperimenti.

Queste osservazioni diedero origine all'idea di una simmetria invariante per trasformazioni che mutassero protoni e neutroni in miscugli protone-neutrone con probabilità arbitrarie di essere l'uno o l'altro.

Ma in quegli anni non era ancora maturata la convinzione che la simmetria costituisse qualcosa di fondamentale nella struttura della realtà tanto è vero che, negli articoli originali, questo principio non figura col rilievo che avrebbe meritato. Le simmetrie non si ritenevano caratteristiche capaci di giustificare una teoria, ma piuttosto artifici matematici. Eppure oggi vediamo che già nell'operare di Galileo e Newton, ossia alle origini della scienza moderna, erano presenti forme di simmetria.

Lenta è stata l'evoluzione che ha fatto emergere la consapevolezza della loro fundamentalità. I problemi che l'esperienza ha posto sulla strada della conoscenza hanno alla fine imposto, come strutture fondamentali della realtà fisica, le simmetrie.

Queste caratteristiche del mondo sono presenti in tutte le teorie che si sono succedute nella storia della scienza. Dalla fisica classica alla relatività, dalla relatività alla teoria quantistica dei campi corre un filo che le unisce al di là dei cambiamenti; è il progressivo allargamento dei principi di simmetria a cui soddisfare.

Risulta evidente allora che linee di continuità sono individuabili pur nel cambiamento; esse ci fanno intravedere l'essere di cui parla la scienza e le simmetrie si rivelano cruciali nella sua verità.

Una metafisica di tipo realistico non mi sembra priva di ragioni. Abbiamo visto, in questa breve panoramica dello sviluppo delle conoscenze fisiche, una serie di indicazioni verso un nuovo tipo di realismo; un realismo che pur riconoscendo i cambiamenti e la dimensione storica delle sue verità, ritiene che le teorie non siano riducibili ad un nostro discorso sul mondo ma al contrario siano descrizioni che ci parlano della realtà e del suo essere più profondo.

Sono: la consapevolezza dell'efficacia che le teorie mantengono anche dopo l'avvento delle nuove; l'osservazione che il rinnovamento avviene a partire dal discorso precedente e mantenendolo per quanto possibile; sono le linee di continuità rintracciabili nella storia della conoscenza scientifica e la razionalità presente nel mondo che plasma anche quella che sentiamo dentro di noi. La storia del lento affermarsi delle simmetrie, del loro apparire prima quasi per caso, quali semplici artifici matematici, per affermarsi infine quali strutture fondamentali e universali dell'essere mi sembra emblematica.

## Bibliografia

BARROW, John, *L'universo come opera d'arte*, Rizzoli, Milano 1997

BOHM, David, *Universo, mente, materia*, Red edizioni, Como 1996

CALDIROLA, P., LOINGER, A., *Teoria fisica e realtà*, Liguori, Napoli 1979

GELL-MANN, Murray, *Il Quark e il giaguaro*, Bollati Boringhieri, Torino 1996  
GHIRARDI, Gian Carlo, *Un'occhiata alle carte di Dio*, il Saggiatore, Milano 1997  
PAGELS, Heinz, *Il codice cosmico*, Boringhieri, Torino 1982  
PENROSE, Roger, *Ombre della mente*, Rizzoli, Milano 1996  
POPPER, Karl, *Tutta la vita è risolvere problemi*, Rusconi, Milano 1996  
SMOOT, Georg, *Nelle pieghe del tempo*, Mondadori, Milano 1994  
STEWART, J., GOLUBITSKY, M., *Le terribili simmetrie*, Bollati Boringhieri, Torino 1995  
WEINBERG, Steven, *Il sogno dell'unità dell'universo*, Mondadori, Milano 1993  
WEYL, Hermann, *La simmetria*, Feltrinelli, Milano 1962