
Riduzionismo metodologico vs riduzionismo ontologico

Claudio Garola *Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi", Università del Salento.*

1. Considerazioni preliminari.

Vorrei discutere in questo intervento un punto di vista molto diffuso oggi tra i fisici teorici ma piuttosto problematico da un punto di vista epistemologico. Per evitare continue citazioni e riferimenti utilizzerò a questo scopo un libro [1] (brevemente, LiM nel seguito) che ho ricevuto recentemente in dono da un amico, Giorgio Immirzi, già docente di Istituzioni di Fisica Teorica presso l'Università di Lecce (oggi Università del Salento). In questo testo Sabine Hossenfelder persegue come scopo principale quello di dimostrare in modo accurato e documentato che in fisica teorica la scelta delle teorie accettabili fra le molte possibili è largamente influenzata da criteri estetici soggettivi, e che questo fatto può influire negativamente sul progresso della conoscenza. Per rendere la sua tesi comprensibile a lettori non specialisti, la Hossenfelder la accompagna con un'esposizione divulgativa dei concetti e dei risultati più importanti della fisica teorica contemporanea. Lo stile è brioso e piacevole, la divulgazione è ben fatta e la specifica critica epistemologica è corretta e ben documentata. Tuttavia dal mio punto di vista il libro è interessante soprattutto perché l'autrice, nel criticare un criterio epistemologico diffuso fra i suoi colleghi, accetta implicitamente una serie di assunzioni

epistemologiche tipiche di una parte consistente della comunità dei fisici teorici e problematiche almeno quanto quella messa in discussione. Fra queste, la mancanza di una distinzione fra contesto della ricerca e contesto della giustificazione e, soprattutto, il realismo delle teorie: la convinzione, cioè, che le entità teoriche fondamentali e le leggi delle teorie fisiche costituiscano entità reali e relazioni esistenti oggettivamente nel mondo. Dal realismo delle teorie seguono, in particolare, sia una concezione dei fondamenti della fisica come ricerca di una realtà ultima sottostante al mondo macroscopico con cui entriamo quotidianamente in contatto tramite i nostri sensi, sia soprattutto una visione riduzionista in senso ontologico che contrasta con la prudenza e con la consapevolezza dei limiti della metodologia riduzionista presenti in altri ricercatori. L'aspetto più curioso di tutto ciò è costituito dal fatto che la Hossenfelder, nel momento stesso in cui adotta il realismo delle teorie, cioè un'ipotesi di carattere metateorico che condiziona in modo decisivo gli indirizzi di ricerca, sembra condividere la convinzione, diffusa tra i fisici teorici, che la filosofia (spesso confusa con una sua branca particolare, la metafisica) sia irrilevante per l'impresa scientifica. Dedicherò pertanto questo mio intervento ad analizzare brevemente i punti

problematici elencati sopra basandomi sul testo della Hossenfelder. Eviterò invece di supportare le mie posizioni con ulteriori citazioni, per motivi di tempo e di pigrizia, ma anche perché credo che la maggioranza dei possibili lettori di queste pagine conosca le posizioni epistemologiche cui farò riferimento. Proporrò solo un ulteriore suggerimento di lettura nelle Conclusioni.

2. Contesto della scoperta e contesto della giustificazione.

La distinzione fra contesto della scoperta e contesto della giustificazione è stata ampiamente criticata da molti filosofi della scienza. Io ritengo tuttavia che essa possa - anzi, debba - essere mantenuta, intendendola non come distinzione tra fasi successive della ricerca ma come relazione dialettica e continua tra due tipi di attività concettuale che hanno statuti diversi. Il contesto della giustificazione, pur contenendo spesso elementi soggettivi e dipendenti dal momento storico, è normativo e fa riferimento a criteri fondamentali, come quelli di razionalità, coerenza logica e adeguatezza empirica. Il contesto della scoperta è invece estremamente variabile e soggettivo, e ogni sua analisi può essere solo descrittiva e suggerire al più criteri utili ma non normativi. Distinzioni di questo tipo possono apparire di scarso rilievo per chi è impegnato concretamente nella ricerca. Tuttavia anche gli specialisti non possono evitare di interrogarsi sul senso e sulle finalità del loro lavoro, e le risposte a questi interrogativi condizionano le direzioni e i modi della ricerca. Le distinzioni epistemologiche divengono allora importanti, e l'ignorarle può generare confusione. Consideriamo ad esempio la domanda che è alla base del testo della Hossenfelder: se sia lecito, cioè, utilizzare criteri estetici (almeno in parte soggettivi e storicamente determinati, anche se largamente condivisi) nello sviluppo e nella validazione delle teorie scientifiche. L'autrice osserva (LiM, pag 18):

"In the twentieth century, aesthetic appeal morphed from a bonus of scientific theories to a guide in their construction"

"Nel ventesimo secolo l'attrattiva estetica si è trasformata da un bonus

delle teorie scientifiche in una guida nella loro costruzione"

In questo ruolo *l'aesthetic appeal* appartiene al contesto della scoperta: una guida nella costruzione delle teorie, quindi legittima fonte di ispirazione e suggerimenti.

Tuttavia la Hossenfelder osserva subito dopo:

"...until, finally, aesthetic principles turned into mathematical requirements."

"... finché, alla fine, i principi estetici si sono trasformati in condizioni matematiche."

e, successivamente (LiM, pag. 35):

" But how are we supposed to decide what theory to work on before it's been tested? And how are experimentalist to decide which theory is worth testing? ... I don't think the criteria we use are very philosophical. Rather, they are mostly social and aesthetic."

"Ma come dobbiamo fare per decidere su quale teoria lavorare prima che la teoria stessa sia verificata? E come devono fare gli sperimentali per decidere quale teoria merita di essere verificata? Non penso che i criteri che utilizziamo siano molto filosofici. Invece sono soprattutto sociali ed estetici."

In questa nuova prospettiva i criteri estetici sono diventati normativi e presiedono alla scelta delle teorie meritevoli di considerazione. Ed è questo ruolo che la Hossenfelder (giustamente, a mio parere) ritiene inaccettabile. Ma è chiaro allora che non esiste una risposta univoca alla domanda fondamentale posta sopra: la risposta dipende infatti dal contesto considerato.

3. L'idea di progresso.

A proposito del modo in cui una nuova teoria deve essere scelta fra le altre per essere confrontata con l'esperienza, la Hossenfelder scrive (LiM pag. 8):

"There is so much existing data that doing all the necessary calculations for newly proposed theories simply isn't feasible. It is also unnecessary because there is a shortcut: We first demonstrate that a new theory agrees with the well-confirmed old theories to within measurement precision, thus reproducing the old theory's achievements. Then we only have to add calculations for what more the new theory can explain."

"Ci sono tanti dati che fare tutti i calcoli necessari per le nuove teorie che sono proposte semplicemente non è fattibile. Ma non è nemmeno necessario perché c'è una scorciatoia: dapprima dimostriamo che una nuova teoria è in accordo con le vecchie ben confermate teorie entro i limiti di precisione delle misure sperimentali, e che quindi riproduce i risultati della vecchia teoria. A questo punto dobbiamo solo aggiungere i calcoli per quanto più che la nuova teoria può spiegare."

Questa proposta di scorciatoia appare piuttosto discutibile, perché è spesso accaduto in passato che fossero accettate teorie la cui capacità di riprodurre (entro i limiti di precisione delle misure) tutti i risultati conseguiti dalle teorie precedenti era quanto meno dubbia (un esempio ben noto è costituito dalla relazione problematica che esiste fra meccanica quantistica e meccanica classica). Essa è coerente con l'idea che la ricerca scientifica proceda con continuità alla scoperta di nuove verità naturali e sembra sottendere una concezione evolutiva delle teorie e del progresso della scienza che è stata contestata da molti filosofi, in particolare a causa del cambiamento di paradigma che avverrebbe quando una nuova, rivoluzionaria teoria scientifica sostituisce teorie precedenti. In ogni caso, la scorciatoia in questione non è stata percorsa se non parzialmente nell'effettiva evoluzione storica delle discipline, e la storia della scienza suggerisce che essa possa portare a escludere proprio quelle teorie che si riveleranno successivamente vincenti.

4. Il realismo delle teorie.

L'attribuzione di uno *status* ontologico alle entità teoriche e alle leggi che compaiono in una teoria fisica costituisce una scelta filosofica che può apparire a prima vista irrilevante da un punto di vista scientifico. In realtà una scelta di questo tipo può condizionare profondamente la formazione delle teorie e la direzione in cui indirizzare la ricerca. Tuttavia essa è largamente praticata, a volte esplicitamente, più spesso in modo implicito, anche da parte di scienziati che, se interrogati, affermerebbero di evitare nella ricerca qualsiasi ipotesi metafisica. Il testo della Hossenfelder fornisce un tipico esempio di accettazione di una prospettiva realista in senso ontologico. L'autrice scrive infatti (LiM, pag.7):

"It's these twenty-five particles that you, I and everything else in the universe are made of. ... And the most important lesson we have learned is that nature plays by the rules of mathematics."

"È di queste venticinque particelle che tu, io e tutto quanto esiste nell'universo siamo fatti. ... E la più importante lezione che abbiamo imparato è che la natura gioca con le regole della matematica. "

E, successivamente (LiM, pag. 45):

"Matter is made of molecules, which are made of atoms, which are made of standard model particles."

"La materia è fatta di molecole che sono fatte di atomi che sono fatti di particelle del modello standard."

Affermazioni di questo tipo ignorano il fatto, ben noto agli epistemologi e agli storici della scienza, che i dati empirici, necessariamente in numero finito, determinano una classe di teorie capaci di spiegarli, non una singola teoria (sotto-determinazione delle teorie). Il limite alle possibili spiegazioni è costituito essenzialmente dalle nostre capacità di immaginazione e di elaborazione. Questo solo fatto, a mio parere, dovrebbe mettere in seria difficoltà una concezione del realismo che tende ad attribuire

uno *status* ontologico alle entità teoriche e alle leggi di una specifica teoria fisica: anche se è psicologicamente comprensibile che, data l'enorme complessità dei dati attualmente in nostro possesso, l'unica teoria efficiente che siamo stati capaci di escogitare per spiegare i fenomeni che avvengono a livello subatomico sia in qualche modo sacralizzata. Solo presentando il modello standard e la simmetria di gauge la Hossenfelder è colta da un dubbio sulla realtà dello spazio interno e preferisce prendere le distanze dai colleghi il cui realismo si spinge fino a considerare reali le entità matematiche che compaiono nelle teorie fisiche, scrivendo (LiM, pag. 52):

"Yes, but is it real? ... Depends on whom you ask. Some of my colleagues indeed believe that the math of our theories, like those internal spaces, are real. Personally I prefer to merely say it describes reality, leaving open whether or not the math itself is real."

"Sì, ma è reale? ... Dipende dalle persone interpellate. Alcuni miei colleghi credono infatti che le entità matematiche delle nostre teorie, come quegli spazi interni, siano reali. Personalmente, preferisco semplicemente affermare che la matematica descrive la realtà, lasciando aperto il problema se la matematica stessa sia reale. "

Nonostante queste riserve, l'autrice mantiene una concezione realistica in senso ontologico e ne accetta fino in fondo le conseguenze. Questo aspetto del testo è interessante perché non sempre chi assume una posizione di realismo ontologico ne analizza tutte le implicazioni. In particolare, per quanto riguarda i fondamenti della fisica la Hossenfelder scrive (LiM, pag. 6):

"The foundations of physics are those ingredients of our theories that cannot, for all we presently know, be derived from anything simpler."

"I fondamenti della fisica sono quegli ingredienti delle nostre teorie che non possono, per quanto ne sappiamo attualmente, essere ottenuti da qualcosa di più semplice."

E, successivamente (LiM, pag. 45):

"The standard model particles plus space and time are, for all we currently know, fundamental - they are not made of anything else. In the foundations of physics, we are trying to find out if there is something even more fundamental. "

"Le particelle del Modello Standard più lo spazio e il tempo sono, per quanto ne sappiamo al momento, fondamentali-esse non sono fatte di niente altro. Nei fondamenti della fisica noi stiamo cercando di trovare se c'è qualche cosa di ancora più fondamentale. "

Si propone così una concezione dei fondamenti della fisica condizionata da una scelta filosofica di carattere metafisico e non coincidente con altri modi di intendere i fondamenti, ben noti in letteratura (e.g., studio di problemi matematici di base posti dalla teoria, assiomatizzazione e/o fondazione operativa delle teorie, ecc.). Ed è riferendosi a questa concezione che, successivamente, la Hossenfelder riassume una diffusa interpretazione della nozione di emergenza, scrivendo (LiM, pag. 45):

" "Emergent" is the opposite of "fundamental", which means that an object cannot be further decomposed and its properties cannot be derived from a more accurate theory."

" "Emergente" è l'opposto di "fondamentale", che significa che un oggetto non può essere ulteriormente decomposto e che le sue proprietà non possono essere derivate da una teoria più accurata."

Tuttavia, pur riconoscendo che, quando si modifica l'ordine di grandezza dei fenomeni che si considerano (in gergo tecnico, le scale si separano), ogni livello di risoluzione ha il suo proprio linguaggio, che è la formulazione più utile a quel livello (LiM, pag. 44), la Hossenfelder afferma (LiM, pag. 46):

"Effective field theory tells us we can, in principle, derive the theory for large scales from the theory for small scales, but not the other way round."

"La teoria di campo effettiva ci dice che possiamo, in linea di principio, derivare la teoria per grandi scale dalla teoria su piccole scale, ma non al contrario."

Questa affermazione può essere supportata da qualche esempio, ma costituisce in realtà un'ipotesi non dimostrabile perché le derivazioni in questione sono, in genere, al di là delle nostre possibilità di calcolo. Ma questo atto di fede implica che, in linea di principio, ogni causazione avviene dal basso verso l'alto (*bottom-up*), e che il percorso inverso (*top-down*) costituisce solo un modo per supplire ai limiti delle nostre capacità deduttive. Ed è su di esso che si basa la convinzione di molti fisici che possa esistere una teoria del tutto. A questo proposito la Hossenfelder scrive (LiM, pag. 46):

"That the history of science has slowly revealed this hierarchical structure is why today many physicists think that there must be one fundamental theory from which everything else derives - a "theory of everything.""

"Poiché la storia della scienza ha lentamente rivelato questa struttura gerarchica molti fisici pensano che debba esistere una teoria fondamentale da cui qualsiasi altra cosa deriva - una "teoria del tutto."

La posizione epistemologica riassunta dalla Hossenfelder ha quindi una conseguenza importante: quella di ridurre la complessità, in linea di principio, a un fatto tecnico, identificandola con la complicazione (i sistemi fisici sarebbero cioè costituiti sempre da costituenti elementari, in numero troppo grande e con interazioni troppo elaborate per poterle gestire con i nostri strumenti di calcolo). La necessità di costruire nuovi metodi matematici in una prospettiva olistica che introduce nuove entità teoriche e nuove leggi quando si passa da una scala minore a una scala maggiore deriverebbe quindi dalle limitazioni delle

nostre capacità di deduzione, e le nuove leggi sarebbero sempre solo approssimate (*effective laws*). Pertanto il fenomeno dell'emergenza non produrrebbe nulla che non sia già implicito nei costituenti fondamentali del mondo fisico, ma che noi non siamo in grado di dedurre a causa dei nostri limiti.

5. Riduzionismo metodologico vs riduzionismo ontologico.

A mio parere, comunque, la conseguenza più importante del realismo delle teorie è costituita da una concezione ontologica del riduzionismo scientifico. La Hossenfelder è consapevole di questo fatto, ma lo rivendica come una conseguenza inevitabile della nostra conoscenza delle leggi fondamentali della natura, poiché scrive (LiM, pag. 45):

"As a physicist, I am often accused of reductionism, as if that were an optional position to hold. But this isn't philosophy - it's a property of nature, revealed by experiments."

"Come fisico, sono spesso accusata di riduzionismo, come se assumere tale posizione fosse opzionale. Ma qui non si tratta di una posizione filosofica - è una proprietà della natura, rivelata dagli esperimenti."

L'affermazione che precede illustra bene la posizione di quei fisici che compiono scelte epistemologiche (quindi filosofiche) fondamentali senza esserne consapevoli ("this isn't philosophy"). Essa ignora completamente la sotto-determinazione delle teorie e rende un cattivo servizio al riduzionismo. Inteso infatti come metodologia utilizzabile nel contesto della ricerca per la costruzione di nuove teorie, il riduzionismo ha prodotto risultati eccezionali in fisica e ha permesso di costruire teorie di elevata capacità esplicativa e di straordinaria capacità predittiva. Inteso invece come unica metodologia ammissibile ("property of nature") entra a far parte del contesto della giustificazione e assume la funzione di criterio normativo secondo cui giudicare la scientificità di una teoria, diventando un ostacolo all'introduzione di nuove metodologie di

ricerca. Mi sembra quindi opportuno distinguere anche terminologicamente questi due modi di intendere il riduzionismo (**riduzionismo metodologico** e **riduzionismo ontologico**, rispettivamente), poiché la valutazione che se ne può dare è completamente diversa nei due casi.

6. Conclusioni

L'analisi effettuata nelle sezioni precedenti mostra chiaramente che alcune assunzioni di tipo epistemologico e metafisico sono sottese a posizioni che si presentano come puramente scientifiche, indipendenti e più avanzate rispetto a qualsiasi ricerca filosofica. Il fatto che tali assunzioni - abbastanza diffuse nella comunità dei fisici teorici - restino usualmente implicite ha conseguenze rilevanti, che meriterebbero una trattazione approfondita. Non potendola fare in questa sede, mi limiterò qui ad alcune osservazioni schematiche.

In primo luogo, il fatto in questione impedisce di prendere piena consapevolezza delle assunzioni introdotte e della loro natura, rendendo difficile comprendere quanto esse influenzino le modalità e gli indirizzi della ricerca. In secondo luogo, esso impedisce di riconoscere che, spesso, tali assunzioni sono semplicistiche da un punto di vista epistemologico, poiché ne ostacola la discussione critica e il superamento tramite il confronto con le posizioni che gli studi epistemologici più avanzati sono in grado di proporre: superamento che può divenire importante per individuare nuove direzioni di ricerca nei momenti di crisi. Infine, esso conduce sovente a identificare scorrettamente la filosofia con la metafisica, che viene (non ingiustamente) deprecata dal punto di vista del fisico nel momento stesso in cui però si introducono inconsapevolmente pesanti e restrittive assunzioni metafisiche (parfrasando polemicamente il vecchio detto "chi non conosce la storia è condannato a ripeterla", si potrebbe dire che chi non conosce l'epistemologia è condannato a fare metafisica).

Aggiungo, per concludere, che un primo approfondimento delle tematiche accennate sopra si può trovare in un notevole articolo di Stenger, Lindsay e Boghossian pubblicato su "Le Scienze" nel 2015 [2], a cui rimando il lettore interessato.



- [1] Sabine Hossenfelder: *Lost in Math*, Basic Books, New York (2018).
- [2] Victor J. Stenger, James A. Lindsay, Peter Boghossian: *Anche I fisici sono filosofi: il ruolo della filosofia nella fisica moderna*, Le Scienze, 16 Maggio (2015).



Claudio Garola: professore Ordinario, in pensione, di Logica e Filosofia della Scienza presso il Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi" dell'Università del Salento.