

Arcangelo Rossi¹

I FONDAMENTI E LA STORIA

Un aspetto decisivo della conoscenza umana, riscontrabile sia nell'attuale esperienza di ricerca nelle diverse discipline sia nel suo sviluppo storico complessivo, e' indubbiamente lo sforzo, che sempre l'accompagna, di rintracciare e fissare elementi invarianti di contenuto o di metodo. Cio' e' del tutto ragionevole se si pensa, con Ernst Mach, che solo il confronto approfondito tra aspetti apparentemente diversi per rintracciarevi elementi comuni puo' rendere possibile la stessa comunicazione umana, oltre che quel "completamento dei fatti nel pensiero"² senza cui non si darebbe scienza. Non e' infatti neppure pensabile tale completamento in cui consiste la scienza, in termini di spiegazione e previsione di cio' che non ci e' ancora familiare a partire da cio' che invece lo e' gia' - potendolo cosi' per giunta anche comunicare agli altri -, senza la memoria di elementi che perdurano pur attraverso il cambiamento di oggetti specifici, o addirittura dei campi stessi di indagine.

E' quella memoria appunto che permette ad esempio allo zoologo di vedere nelle membrane delle ali dei pipistrelli semplici modificazioni delle dita dei mammiferi o nelle ossa del cranio vertebre modificate, o al fisico di guardare alla luna come ad un grave che tende a cadere sulla terra, e alla luce come ad un moto di onde o una vibrazione elettrica³. Quella memoria, insomma, che ritrova similarita' tra oggetti presenti ed oggetti lontani, spingendoci cosi' ad individuare gli elementi invarianti ad essi comuni, e ad identificarli liberandoli via via delle caratteristiche specifiche appartenenti o solo agli uni o solo agli altri. Fino al punto di arrivare ad identificare, attraverso un vero e proprio processo di scarnificazione, tali elementi comuni come pure connessioni funzionali e relazioni invarianti rispetto ai contenuti variabili da oggetto ad oggetto o da un insieme di oggetti ad un altro, e pertanto riscontrabili senza variazione sia negli uni che negli altri⁴.

Tuttavia, neanche la piu' astratta e disincarnata connessione funzionale o relazione, apparentemente del tutto priva di contenuti o riferimenti intuitivi, puo' essere privata effettivamente di ogni contenuto semantico, se non altro in termini di insiemi qualsiasi - non ulteriormente determinati ma pur sempre determinabili -, cui essa sia comunque applicabile. Tale presenza di contenuti comporta quindi inevitabilmente il rischio, nella pur comprensibile ansia di precisarli, di reificare e ridurre quegli elementi invarianti ad oggetti comunque ancora troppo concreti rispetto al loro effettivo ruolo e statuto oggettuale e conoscitivo. E, cosi' facendo, di caratterizzare in senso dogmatico ed ingenuo, in termini di una realta' oggettiva fatta di cose concrete concretamente esistenti, quegli stessi elementi invarianti cui ogni indagine sui fondamenti della conoscenza umana non puo' non cercare di metter capo, in una parola confondendo gli elementi invarianti con particolari immagini intuitive o modelli concreti di essi⁵.

E' quindi avvenuto ad esempio che una particolare rappresentazione del mondo atomico, concepita ad un certo punto come il fondamento di qualsiasi visione scientifica della natura a prescindere dalla particolare natura degli oggetti che essa fosse chiamata a spiegare, pur attribuendo agli atomi proprieta' concrete specifiche di durezza, elasticita', stretta localizzabilita' e compattezza alla stregua di palle da biliardo, pretendesse dogmaticamente di imporsi come

¹ Dipartimento di Fisica, Via Arnesano, 73100 LECCE

² Cfr. E. Mach, *On the Principle of Comparison in Physics*, in *Popular Scientific Lectures*, The Open Court Publishing Co., La Salle, 1943, pp. 237-58.

³ *Ibidem*, pp. 239-40.

⁴ *Ibidem*, pp. 248-ss.

⁵ Si tratta di un rischio ben presente allo stesso Mach, nonostante egli ritenesse positivisticamente possibile riuscire ad evitarlo semplicemente ricorrendo ad una diretta descrizione numerica astratta dei fatti priva di contenuti modellistici. Ricordava ad esempio che la concezione corpuscolare della luce intesa, diversamente che in Newton, in senso rigidamente modellistico, impediva la scoperta della peiodicita' della luce suggerita dalla concezione ondulatoria. Newton vi giunse invece con un modello corpuscolare non rigido. Cfr. *ibidem*, pp. 241-2.

rappresentazione fondamentale ed assoluta di ogni e qualsiasi fenomeno possibile. Veniva così ostacolata una ben diversa visione dello stesso mondo atomico che, essendo più astratta, ampia e comprensiva, potesse essere meglio compatibile con gli stessi fenomeni, ed in definitiva più feconda, in quanto capace di suggerire nuovi fenomeni e possibili interpretazioni di essi grazie alla sua maggiore universalità e potenza⁶.

Occorre quindi evitare di reificare i concetti identificando funzioni e relazioni con particolari modelli come fossero cose concrete. Solo così si potrà infatti garantire alla ricerca fondatale sufficiente ampiezza, elasticità e fecondità, nella ricerca di strutture dotate della più completa generalità ed astrattezza, realmente invarianti dunque, sia pure compatibilmente con la presenza in esse di aspetti di contenuto semantico che sono, per quanto astratti, comunque necessari ed ineliminabili.

A tale scopo la ricerca storica appare decisamente utile e preziosa, se non necessaria. Senza il suo apporto infatti, un'indagine puramente fondatale, nella sua ansiosa ricerca di invarianti, rischia appunto di identificarli frettolosamente con particolari modelli ed applicazioni, attribuendo a questi una portata e una stabilità che la storia invece chiaramente ridimensiona o smentisce. La ricerca storica infatti ci rende consapevoli del carattere contingente di assetti ed aspetti anche apparentemente definitivi solo perché temporaneamente consolidati dello sviluppo scientifico, mostrandocene la genesi e la dipendenza da concrete e specifiche circostanze. Essa può arrivare quindi a renderci consapevoli del carattere contingente anche di assetti ed aspetti contemporanei dello sviluppo scientifico, nonostante il loro carattere di apparente stabilità ed indiscutibilità, e nonostante essi non abbiano neanche avuto ancora il tempo di mostrare chiaramente i loro eventuali limiti storici, a differenza degli assetti ed aspetti della scienza del passato. Chi è impegnato nella ricerca sui fondamenti delle scienze contemporanee è quindi addestrato dalla storia ad acuire il suo spirito critico, senza farsi ingannare dall'apparente solidità e conclusività delle sintesi scientifiche in auge ai suoi tempi, sapendo che la storia ci insegna che solo pochi essenziali elementi sono destinati a resistere all'assalto del tempo e a conservare validità ed efficacia durature. E sapendo inoltre che tali elementi appartengono in special modo al novero delle funzioni e relazioni più astratte, formali e generali - benché dotate pur esse, come si diceva, di un loro ineliminabile contenuto semantico -, in quanto più capaci di passare indenni attraverso i possibili cambiamenti. In ogni caso persino di essi la prospettiva storica coglie l'aspetto del divenire, diacronico, piuttosto che quello statico, sincronico. Evidenzia quindi il fatto che essi non sussistevano nella coscienza scientifica prima di un certo tempo ma sono stati acquisiti da essa solo attraverso un processo, in forme e modalità esse stesse cangianti e storicamente determinate. E inoltre il fatto che solo la prova della storia può aiutare a comprendere la loro validità e consistenza attraverso i cambiamenti, il poco che resta e il molto che cambia o sparisce. Essa è infatti un acido corrosivo che non attacca solo gli aspetti di contenuto, e cioè determinate credenze ontologiche, determinate rappresentazioni, teorie e concettualizzazioni, ma perfino regole metodologiche, organizzazioni assiomatiche, sistemi di classificazione e misura, linguaggi matematici, gli stessi aspetti più formali della scienza, in quanto soggetti anch'essi a processi di trasformazione. Ma certamente spesso ancor più fortemente essa incide sui primi rispetto ai secondi, mettendo in questione soprattutto entità materiali supposte fondamentali come onde e particelle, atomi ed etere, e concetti strutturali e categorie come lo spazio, il tempo e la causalità, che attengono piuttosto ai contenuti della conoscenza, inclusi quelli di carattere più generale come le grandi partizioni interne al sapere scientifico, quali ad esempio la matematica, la fisica, la chimica, la biologia, e le unità e divisioni tra loro⁷.

⁶ Ovviamente Mach nel suo antiatomismo concedeva però una validità puramente strumentale e provvisoria ad una concezione atomistica, sia pure liberalizzata, ritenendo appunto sempre possibile pervenire in fisica, come si ricordava, ad una trattazione puramente matematico-funzionale dei fenomeni priva di contenuti modellistici non immediatamente empirici. Cfr. *ibidem*, pp. 255-6.

⁷ In nessun caso infatti si tratta di aspetti ed elementi necessari e naturali, bensì storici, e come tali rivedibili, anche se dotati a volte di caratteri e componenti strutturali e funzionali tanto forti da rafforzarne l'oggettività e l'

La storia mostra dunque che non esistono tabu' intoccabili, anche se per un certo tempo essi possano sembrare tali. Tanto per fare esempi, chi avrebbe pensato a suo tempo che il flogisto o l' etere, la teoria cantoriana degli insiemi o l' assiomatica hilbertiana, lo spazio e il tempo assoluti, fossero aspetti o caduchi o almeno tali da dover essere sottoposti ad accurate analisi e revisioni? Eppure proprio tali presunte certezze, considerate ad un certo punto assolutamente indispensabili ed indiscutibili nello sviluppo scientifico, hanno dovuto ad un altro punto essere ridiscusse a fondo, fino a essere in alcuni casi addirittura respinte dalla coscienza scientifica. Ebbene, perche' non pensare, analogamente, che anche aspetti considerati oggi vincenti nella visione scientifica contemporanea, come i quark o l' interpretazione ortodossa della meccanica quantistica, il big bang o il dogma centrale della biologia molecolare, o la concezione computazionale della mente, possano essere assunti, benché utili e fecondi, come risultati non definitivi, ma ulteriormente discutibili? Si propone in sostanza un parallelismo tra le vecchie e le nuove certezze scientifiche, tra le verita' scientifiche superate e quelle attualmente in auge, proponendo così di considerare non solo il passato, ma anche lo stesso presente come storia. Una storia il cui esito non è comunque scontato. Infatti non si vuole sostenere affatto che le attuali verita' siano sicuramente destinate ad essere completamente superate, abbandonate, o anche solo parzialmente superate, quanto piuttosto che non vi è comunque nulla di scandaloso, alla luce dell' esperienza storica, nell' ipotesi di un loro approfondito riesame critico. L' atteggiamento storico-critico, così come non comporta alcuna accettazione acritica, senza discussione, di alcuna verita', per quanto veneranda e al momento dominante, non comporta però infatti neppure alcuna condanna a priori delle credenze e certezze di una data epoca storica come necessariamente contingenti e caduche, ma solo appunto il punto di vista secondo cui non si debba prendere nulla per assolutamente sicuro e definitivo, sol perche' sia accettato dalla coscienza scientifica del tempo⁸.

L' esempio più chiaro di tale atteggiamento storico-critico è fornito, com' è noto, da Ernst Mach con la sua critica su basi storiche delle categorie della meccanica classica, condotta sul presupposto che "l' indagine storica non soltanto fa comprendere meglio lo stato attuale della scienza, ma, mostrando come essa sia in parte *convenzionale* e *accidentale*, apre la strada al nuovo"⁹, in quanto, ad esempio, "risulta allora che circostanze storiche accidentali hanno dato alla formazione della meccanica una particolare direzione che in altre circostanze avrebbe potuto essere diversa"¹⁰. Individua pertanto una contraddizione tra il proposito proclamato da Newton di attenersi al fattuale nel fondare la meccanica e l' influenza che su di lui continuava ad esercitare la "filosofia medievale". Newton in sostanza, secondo Mach, sentiva il bisogno di ipostatizzare i concetti che gli erano utili, in particolare quello di un sistema di riferimento dotato della

invarianza rispetto ad altri, collegandosi a radici e bisogni vitali essenziali come valori guida metastorici, quali verita', efficacia, coerenza, completezza, unita', ecc. Infatti da questi solo in sostanza gli stessi aspetti ed elementi storici possono trarre forza, durata e in sostanza valore, sia pure non in modo formalmente definibile in astratto, ma solo appunto in termini concreti personalmente vissuti e più o meno stabili e duraturi (cfr. M. Polanyi, *Conoscenza personale*, Rusconi, Milano, 1989).

⁸ Quindi non si tratta affatto di sposare una posizione di banale relativismo storicistico secondo cui non esiste alcun punto fermo dello sviluppo storico, ma tutto è soggetto ineluttabilmente a trasformazione e superamento in funzione dello sviluppo stesso, quanto di assumere un atteggiamento conseguentemente critico basandosi sulla lezione della storia. Questa ci suggerisce infatti di non identificare la validità di una proposta sulla base del successo immediato, ma di approfondire il nostro giudizio oltre l' immediatezza, e di scavare alla ricerca di fondamenta di valore non contingenti, e comunque da vagliare sempre ulteriormente confrontandole con il corso storico per evitare di confondere gli aspetti al momento coronati da successo con queste stesse fondamenta. Tanto più al presente, in cui non è ancora possibile conoscere e valutare gli esiti dello sviluppo in corso, abbiamo quindi meno elementi per difenderci dal pericolo di tale confusione, e occorre pertanto essere ancor più particolarmente critici.

⁹ Cfr. E. Mach, *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, Torino, Boringhieri, 1968, pp. 271-2.

¹⁰ *Ibidem*, p. 266.

massima generalita' ed invarianza possibile dal punto di vista empirico come quello vincolato alle stelle fisse, identificandolo con lo spazio assoluto e pretendendo cosi' di anticipare i risultati di tutte le future ricerche particolari, quasi possedesse gia' una compiuta scienza naturale alla stregua della filosofia metafisica tradizionale. E, se e' pur vero che in pratica egli usava un sistema empirico di riferimento come quello delle stelle fisse con cui affrontava con successo i problemi, la sua assolutizzazione storicamente contingente costituiva tuttavia un' ipoteca sul futuro che forse era il caso di rimuovere¹¹. Con forte senso storico Mach afferma infatti in proposito: "fino a che punto l' ipotesi delle stelle fisse possa valere anche in futuro, resta naturalmente da stabilire"¹², e propone quindi di considerare anche il sistema delle stelle fisse come relativo, benché massimamente generale, e quindi in linea di principio equivalente a qualsiasi altro sistema, anche accelerato, ad esso correlato, così enunciando in termini storico-critici, fenomenologicamente ispirati, una grande generalizzazione relativistica dei fondamenti della meccanica che anticipava Einstein. Si potrà naturalmente obiettare che l' analisi storico-critica di Mach non e' sempre filologicamente fondata, riferendosi ad una lettura diretta del testo newtoniano e alla letteratura fisico-epistemologica a lui contemporanea, senza specificare troppo il riferimento alla filosofia metafisica "medievale" da cui Newton era ispirato, riferimento che per la verita' solo a partire dagli studi newtoniani di Koyre¹³ sara' adeguatamente approfondito. Ma cio' nulla toglie alla potenza ed efficacia della sintesi realizzata a tale proposito da Mach tra approccio storico e approccio fondazionale, che arricchiva il secondo mediante l'apporto critico e corrosivo del primo, con risultati di straordinaria importanza anche dal punto di vista strettamente scientifico oltre che storico-epistemologico. Comunque, solo un' autentica passione storiografica, oltre che un serio impegno scientifico, puo' spiegare l' efficacia specifica delle considerazioni storiche introdotte da Mach nel contesto della discussione scientifica delle teorie di Newton, considerazioni sempre contrassegnate dallo sforzo di comprenderne gli aspetti storicamente contingenti e caduchi - aspetti che restavano tali anche se erano sostenuti da una forte convinzione e un tale slancio istintivo da fare smarrire la stessa consapevolezza della loro origine e formazione storica¹⁴. Infatti la stessa evidenza intuitiva, oltre che la persuasione ideologica, non garantisce affatto la perdurante validita' di credenze acquisite, il cui vaglio dovra' essere invece sempre effettuato alla luce della consapevolezza critica della loro genesi e portata storica effettive.

Comunque non necessariamente, ripeto, il vaglio storico comporta la crisi o addirittura l' invalidazione di determinati assetti ed aspetti dello sviluppo scientifico. Non sempre esso si conclude, come nell' analisi storico-critica delle concezioni di Newton da parte di Mach, con la forte evidenziazione di aspetti contingenti e caduchi e con il loro conseguente superamento critico. Esso puo' invece talora portare alla messa in luce di continuita' e perdurante validita' di aspetti ed assetti della scienza del passato rispetto a quella contemporanea, mostrando come sia talora superficiale ed inadeguata alla luce della storia la stessa categoria del superamento del passato da parte del presente, almeno quanto lo sia altre volte quella della banale continuita' e stabilita' del progresso dall' uno all' altro. Naturalmente il problema e' quello di stabilire di volta in volta con chiara consapevolezza storica a quale livello si collochino gli elementi rispettivamente di discontinuita' o di continuita' e stabilita' dello sviluppo scientifico. Si consideri ad esempio il contributo, per certi versi complementare a quello di Mach, arrecato da Sir E. Whittaker alla storia del passaggio dalla fisica classica alla fisica moderna con la nascita delle teorie relativistiche a confronto con le teorie classiche ottocentesche dell' etere e dell' elettricita'¹⁵. Difronte alle difficolta', evidenziate dagli stessi esperimenti, che lo schema classico incontrava nello sforzo di rendere conto della mancata variazione della velocita' della luce nel passaggio da un sistema inerziale ad un altro in movimento rispetto al primo, e anzi della stessa distinzione tra sistemi inerziali ed accelerati, questi tento' di individuare le strutture matematiche piu' generali ed invarianti che restassero

¹¹ *Ibidem*, pp. 240-64.

¹² *Ibidem*, p. 250.

¹³ Cfr. A. Koyre', *Studi newtoniani*, Torino, Einaudi, 1972.

¹⁴ Cfr. E. Mach, *La meccanica...* cit., p. 243.

¹⁵ Cfr. E. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, 2 voll., Londra, Nelson & Sons, 1953.

intatte attraverso la transizione dalla fisica classica alla fisica relativistica, e con esse le ipotesi fisiche che fossero compatibili con l'una e con l'altra. Individuo' quindi storicamente le une e le altre rispettivamente nella formulazione generalizzata covariante della meccanica analitica di Hamilton-Jacobi e nella teoria degli elettroni di Lorentz nella formulazione completa datane da Poincare', come approcci matematici e fisici storicamente dati in grado di far fronte alle difficoltà' senza interrompere la continuità e la perdurante validità' dei principi classici di relatività' e di conservazione intesi nella massima estensione e generalità' possibile. L'operazione storiografica e scientifico-epistemologica di Whittaker aveva successo naturalmente solo nella misura in cui delimitava esattamente gli elementi di continuità' e di invarianza alla luce della storia, trascurando programmaticamente gli aspetti che contrassegnavano invece la diversità' specifica tra le teorie classiche e quelle relativistiche, e ponendosi comunque su di un piano squisitamente fondazionale. Così' facendo tuttavia essa arrecava un contributo di grande utilità', nei suoi limiti precisi, non solo all'analisi fondazionale ma alla stessa analisi storica dello sviluppo scientifico. Approfondiva infatti il radicamento che le nuove teorie relativistiche avevano nella tradizione della fisica classica sia nei termini del formalismo astratto della meccanica analitica sia nel travaglio delle stesse concezioni ipotetiche e degli approcci costruttivi sviluppatisi in seno all'elettromagnetismo classico. Riscontrava così' storicamente, ampliando il panorama della ricostruzione storica del passaggio dalla fisica classica a quella moderna, la presenza di strutture formali universali e di ipotesi fisiche di dettaglio, di tale potenza e generalità' per un verso e di tale sottigliezza, carica immaginativa e originalità' per un altro, da essere capaci di sostenere le innovazioni più' spinte della fisica senza rompere i ponti con la precedente tradizione scientifica. Ne risultava un approfondimento della prospettiva storica comunque, nonostante una certa indubbia unilateralità' della rappresentazione storica, che deliberatamente sottovalutava gli aspetti di maggiore discontinuità' e rottura - unilateralità' che era però' sempre rimediabile attraverso l'integrazione con approcci storiografici diversi in vista di una comprensione più' completa.

Comunque, il tipo di storiografia prospettata da Whittaker mostra un aspetto, diverso e complementare rispetto a quello mostrato da Mach, del rapporto fecondo e produttivo tra analisi fondazionale ed analisi storica, sottolineando in questo caso, diversamente che nel caso di Mach, l'apporto attivo dell'approccio fondazionale all'analisi storica, laddove in Mach appare piuttosto evidenziato quello dell'approccio storico all'analisi fondazionale. Si potrebbe dunque dire che ora in certo qual modo l'analisi fondazionale ricambia il favore all'analisi storica, quando indica a questa, nel suo stile più' tipico, elementi invarianti, permanenti, non ovviamente caduchi del corso storico della scienza, in quanto ne rappresentino però' aspetti comunque compatibili anche con la sua estrema variabilità' e mobilità', mentre prima era l'analisi storica, con la sua insistenza piuttosto sugli aspetti di mutamento, contingenza, caducità' e transitorietà' del corso storico, ad indicare all'analisi fondazionale come evitare sbrigative identificazioni di tali aspetti con elementi invece invarianti, stabili e permanenti, sol perché' momentaneamente efficaci ed apparentemente fondanti. Ora infatti si evidenzia nella storia la presenza, pur compatibile con la sua estrema variabilità' e mutevolezza, di punti di riferimento ed elementi di valore permanente, di ciò' che in sostanza ne impedisca la riduzione ad una successione incoerente di eventi tra loro inconfrontabili, privi di un'ispirazione comune o di una ragione d'essere e una validità' che trascendano i loro singoli aspetti contingenti, scavalcando così' le stesse divisioni tra epoche e fasi della storia. Naturalmente resterà' sempre valida, pur in questa prospettiva più' tipicamente fondazionale volta all'individuazione, anche attraverso la ricostruzione storica, di elementi di stabilità' e invarianza, la critica di ogni tendenza a reificare particolari modelli o interpretazioni come fossero oggetti concreti o verità' indiscusse di validità' illimitata. Essa cercherà' invece di sforzarsi di cogliere e approfondire gli aspetti e gli assetti realmente invarianti e dotati di capacità' di unificazione e comprensione di un dato dominio scientifico o addirittura dell'intera scienza, siano essi elementi di contenuto ovvero, più' spesso, di metodo e formali dello sviluppo scientifico, non comunque modelli o interpretazioni particolari, accidentali e contingenti cui nessuna operazione di oggettivazione o reificazione sarà' comunque in grado di conferire una validità' sovrastorica e permanente che non corrisponda alla loro effettiva portata esplicativa e profondità' conoscitiva.

Esempio di tale fecondazione dell' analisi storica da parte di quella fondazionale in termini di individuazione di continuita' concettuali o formali nello sviluppo storico di grandi categorie della fisica e' l' opera di M. Jammer, che evidenzia appunto aspetti strutturali invarianti attraverso le trasformazioni storiche cui tali categorie sono andate soggette nel corso del tempo. Il punto importante e' che pero' tali continuita' nello sviluppo, in particolare delle concezioni dello spazio¹⁶, della massa¹⁷ e della forza¹⁸ studiate da Jammer, non ne comportano mai ne' la dimostrazione conclusiva empirica o logica ne', tanto meno, l' assolutizzazione attraverso un procedimento di reificazione. Così, in particolare il rapporto tra contenente e contenuto che caratterizza tutte le concezioni dello spazio, quello tra azione dinamica e reazione inerziale o gravitazionale che caratterizza tutte le concezioni della massa e quello tra sforzo e accelerazione che caratterizza tutte le concezioni della forza, benché' dotati di forti contenuti semantici non sono certo riducibili ad oggetti, a cose, a rappresentazioni e modelli definitivi di quei concetti, ma sono appunto strutture di relazioni compatibili con diversissime rappresentazioni ed oggettivazioni concrete, più' o meno precisamente e articolatamente definite, alla cui definizione storica precisa attraverso un ampio esame di testi e posizioni diverse Jammer ha dedicato i suoi primi volumi su spazio, massa e forza, senza mai smarrirne appunto il senso della storicita', nel duplice significato di differenziazioni delle concezioni nel corso del tempo, e di legame di tali differenziazioni con i più' ampi contesti scientifici e culturali in cui esse prendevano forma, ferma restando la base fondamentale, i rapporti di base che costituiscono la cornice ineludibile di quelle concezioni, pur attraverso i mutamenti di contenuto e di metodo cui hanno dovuto adattarsi nel corso del tempo. Si tratta infatti di grandi continuita' concettuali che percorrono come un filo rosso il corso storico della scienza, evidenziando così' come concetti quali appunto spazio, massa, forza non si lasciano ridurre ad un elenco di semplici variazioni storiche solo labilmente collegate tra loro, ma esprimono appunto aspetti strutturali dell' intelaiatura scientifica della fisica. Ne rappresentano quindi tratti permanenti in termini sia pure generalissimi di riferimenti intuitivi, domini oggettivi, funzioni gerarchiche, connessioni logiche e più' ampiamente esplicative che attraversano le epoche storiche e le più' diverse teorie fisiche.

E' così' assicurata una sistematicita' fondazionale che tuttavia non contrasta affatto con la massima ricchezza e varieta' della ricostruzione storica ma consente perfino, in alcuni casi, di prefigurare sviluppi diversi possibili, non ancora storicamente compiuti, ma resi appunto almeno possibili dall' ampiezza e latitudine della cornice fornita dagli elementi invarianti che ne vengono posti a fondamento. E' questo ad esempio il caso della teoria del campo unificato perseguita da Einstein negli anni di Princeton, che appare anch' essa, come nuova possibile variazione storica, integrabile nella cornice fondamentale delle concezioni dello spazio secondo Jammer, costituita comunque dal rapporto tra contenente e contenuto ed interpretata in questo caso come identificazione senza residui tra i due termini intesi nella massima unitarieta' e globalita' possibili¹⁹. D' altra parte l' attuale teoria dei campi sviluppa la piena identificazione già' stabilita dalla teoria della relativita' generale di massa inerziale e massa gravitazionale, unificando così' i due aspetti della massa da sempre presenti nel corso della storia del concetto, prospettandone inoltre a questo punto anche la possibile definizione in termini di semplice curvatura dello spazio-tempo²⁰, mentre questa stessa prospettiva di grande unificazione sembra rendere superfluo il concetto di forza in quanto ne riassume le funzioni esplicative che essa ha sempre avuto, quale agente attivo dotato di specifiche funzioni causali, all' interno del più' fondamentale concetto di campo, a sua volta ormai indissolubilmente intrecciato, come si e' visto, a quelli di spazio e di massa-energia²¹. Si tratta comunque di sviluppi i cui esiti concreti, benché'

¹⁶ Cfr. M. Jammer, *Storia del concetto di spazio*, Milano, Feltrinelli, 1974.

¹⁷ Cfr. M. Jammer, *Storia del concetto di massa*, Milano, Feltrinelli, 1974.

¹⁸ Cfr. M. Jammer, *Storia del concetto di forza*, Milano, Feltrinelli, 1971.

¹⁹ Cfr. M. Jammer, *Storia del concetto di spazio* cit., pp. 162-8, e A. Einstein, *Premessa, ibidem*, 8-12.

²⁰ Cfr. M. Jammer, *Storia del concetto di massa* cit., pp. 207-28.

²¹ Cfr. M. Jammer, *Storia del concetto di forza* cit., pp. 262-78.

indubbiamente in linea di massima comprensibili alla luce di grandi tradizioni concettuali, continuita' ed invarianze generalissime, non sono affatto prevedibili, ma vanno affidati, sia pure in quel quadro amplissimo, alla creativita' di uno sviluppo storico ancora in corso.

Questo fu dunque negli anni '50 fino ai primi anni '60 in termini generali l'approccio di M. Jammer a quella mutua fecondazione di analisi fondazionale e analisi storica che, applicando allo sviluppo di concetti chiave della fisica il punto di vista della storia delle idee e delle grandi continuita' concettuali attraverso le variazioni storiche di cui uno dei principali iniziatori era stato A. Lovejoy con il classico *La grande catena dell' Essere*²², fu poi proseguito soprattutto da G. Holton con la cosiddetta analisi tematica, secondo cui appunto vi sono nel corso storico della scienza i cosiddetti "themata", e cioe' poche grandi essenziali continuita' concettuali attraverso le piu' diverse ed articolate variazioni, di tipo fondazionale e irriducibili a particolari teorie e modelli, anche se influenti su di essi come quadro generale, la cui dimostrazione non puo' comunque essere data in termini empirici o logici conclusivi, costituendo esse stesse presupposti, per di piu' non necessariamente derivanti dalla stessa scienza, delle particolari dimostrazioni scientifiche²³. Gia' Jammer ne aveva sottolineato tale caratteristica nei termini delle origini fisiologiche, ad esempio per quanto riguarda il concetto di forza, metafisiche o piu' ampiamente culturali di concetti della fisica, cosi' come la loro non conclusiva dimostrabilita', ma si era tuttavia posto sempre al tempo stesso il problema del loro confronto serrato con specifiche teorie e modelli della fisica, in quanto preoccupato di saggiarne l' effettiva valenza e capacita' fondazionale, la funzione storicamente produttiva e la perdurante fecondita' conoscitiva e potenza unificante. Da questo punto di vista Jammer, percependo gli inconvenienti che un' analisi storica limitata alla sola continuita' di singoli, sia pur rilevanti concetti, incontra, in quanto comporta il rischio di isolamento di singoli elementi rispetto all' intera struttura scientifica, che puo' risultare fuorviante, non consentendo appunto appieno quel confronto serrato di tipo storico-critico e fondazionale, ha successivamente ampliato la propria prospettiva di indagine. Nelle sue opere piu' recenti, quindi, l' analisi fondazionale utilizza la storia come rivelatrice di piu' ampi e complessi elementi di invarianza e variazione insieme, attinenti non singoli concetti (quali appunto spazio, massa, forza) o elementi esplicativi come appunto i "themata" di Holton (quali ad esempio evoluzione, vuoto, continuita', simmetria e i loro contrari²⁴), ma complesse strutture logiche, metodologiche, strumentali e matematiche, oltre che concettuali, che esprimono vincoli permanenti e fattori invariabili del divenire, limitazioni o ampliamenti di precedenti strutture, e loro inveramenti o superamenti in nuove strutture. Coniuga cosi' mirabilmente, e in modo ben piu' articolato e sottile che nei volumi precedenti, pur preziosi e ricchissimi di informazioni, stabilita' strutturali di principio e variazioni di contenuto e di metodo che impediscono la reificazione dogmatica e l' ontologizzazione indebita delle prime.

I libri di Jammer sullo sviluppo concettuale²⁵ e la filosofia della meccanica quantistica²⁶ appartengono appunto a questa nuova fase della sua produzione, in cui piu' serrato e stringente appare il confronto e l' intreccio tra aspetti fondazionali ed aspetti storici, tra invarianze e variazioni, sul terreno dell' analisi storico-critica di una teoria portante della fisica moderna, la meccanica quantistica, vista nei suoi rapporti con il contesto scientifico e culturale complessivo in cui essa si e' formata e sviluppata, non certo come fatto concettuale isolato. Da questo punto di vista, le stesse componenti extrascientifiche, filosofiche, metafisiche e perfino irrazionali del quadro, pur presenti e operanti e tenute nel debito conto, sono messe sempre a confronto in termini di efficacia e coerenza logica - e cosi' vagliate al tempo stesso dal punto di

²² Cfr. A. O. Lovejoy, *La grande catena dell' Essere*, Milano, Feltrinelli, 1981.

²³ Cfr. G. Holton, *L' immaginazione scientifica*, Torino, Einaudi, 1983.

²⁴ *Ibidem*.

²⁵ Cfr. M. Jammer, *The conceptual development of quantum mechanics*, N. York, Mc Graw-Hill, 1966.

²⁶ Cfr. M. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, N. York, John Wiley & Sons, 1974.

vista della loro validità duratura oppure accidentalità e contingenza -, con tutti gli elementi significativi di esso, specificamente soppesati pur nel loro stretto intreccio, realizzando così appieno la mutua fecondazione, con reciproco vantaggio, tra analisi fondazionale e analisi storica. Del resto, tale confronto e tale mutua fecondazione di approcci sembrano praticamente imposti a Jammer dalla stessa materia trattata, che richiede appunto sia un'analisi della discontinuità della struttura della nuova teoria rispetto alla fisica classica nell'affrontare i fenomeni da essa studiati, sia però al tempo stesso il recupero ad altri livelli, sia dal punto di vista storico che fondazionale, della continuità tra di esse in modo ineludibile, se non altro perché il resoconto stesso delle evidenze sperimentali con cui la nuova teoria si confronta non può essere fatto se non in termini classici²⁷, che tengano conto per giunta dei vincoli imposti dalle teorie relativistiche. E Jammer ha cercato quindi di affrontare la posta in gioco tenendo conto di tale duplice esigenza, di continuità e di discontinuità insieme, in modo mirabile, prima trattando, nel primo libro, lo sviluppo concettuale della teoria nella sua prima formulazione non relativistica standard o ortodossa²⁸, e poi, nel secondo libro²⁹, sviluppi ed interpretazioni ulteriori ed alternativi della teoria stessa.

Gia' comunque nel primo libro, dedicato alla storia dell'affermazione dell'interpretazione ortodossa o di Copenhagen della meccanica quantistica, di cui viene apprezzata appieno la coerenza e la fecondità, se ne saggia e discute la portata e la consistenza effettive rispetto ai problemi e alle difficoltà storicamente emergenti non dandole per scontate, ma riconoscendo la presenza di discontinuità logiche e concettuali non solo rispetto alla fisica precedente ma anche nel processo successivo della sua formazione ed affermazione. Questo infatti viene sì valutato in ogni caso come scientificamente altamente progressivo, ma tale al tempo stesso da richiedere un ridimensionamento, in termini di astrazione e generalizzazione e perfino di ambiguità semantica, implicita ad esempio nel concetto di complementarità, dei caratteri di visualizzabilità e determinabilità intuitiva tradizionalmente attribuiti alle teorie fisiche. Da questo punto di vista, Jammer ha ritenuto di dover derogare nella sua analisi al rigoroso precetto metodologico di Einstein secondo cui bisogna guardare a ciò che i fisici fanno e non a ciò che essi dicono di fare, dato appunto il carattere non propriamente "necessario e naturale" dello sviluppo concettuale di una simile teoria, la cui comprensione richiede quindi un'estrema attenzione agli aspetti formali, metodologici ed epistemologici, quindi in qualche modo "verbali"³⁰. Resta purtuttavia ferma la stretta priorità che, sempre nel primo volume, egli attribuisce agli aspetti sperimentali che egli ritiene comunque "verificabili" o giustifichino la teoria nella sua interpretazione ortodossa, sia pure in modo altamente sofisticato, articolato e problematico.

Nel volume successivo vi è invece una forte accentuazione, nello studio degli sviluppi successivi e delle interpretazioni alternative della teoria, dell'autonomia relativa delle elaborazioni formali e concettuali rispetto ai controlli sperimentali e alle interpretazioni empiriche. Vi si configura infatti spesso, anche se non sempre, ovviamente, e comunque non in modo scontato, il confronto fra concezioni diverse, piuttosto che in termini di semplice confronto empirico, in termini invece di equivalenza fenomenologica ma diversità epistemologica radicale, e quindi di riapertura problematica delle scelte, in termini di continuità o discontinuità con la tradizione classica, sia pure nell'accettazione ormai indiscussa e francamente inevitabile di aspetti di novità ineliminabili, anche nei casi, pur diversi tra loro, di Schroedinger o di Einstein in quanto critici dell'interpretazione ortodossa³¹. E'

²⁷ Cfr. M. Jammer, *The conceptual...* cit., *Preface*, p. vi.

²⁸ *Ibidem*.

²⁹ Cfr. M. Jammer, *The Philosophy...* cit.

³⁰ Cfr. M. Jammer, *The Conceptual...*, *Preface* cit., p. viii.

³¹ E' tra l'altro interessante notare, nel senso del carattere non univocamente determinato delle diverse interpretazioni della teoria rispetto al quadro sperimentale accettato, che Jammer in *The Philosophy...* cit., *passim*, sottolinea la presenza non di una sola, ma di diverse "interpretazioni ortodosse" della meccanica quantistica, quella della complementarità di Bohr, quella delle potenzialità di Heisenberg, quella probabilistica di Born, quella operazionistica

significativo ad esempio in tal senso che la trattazione cominci, nel secondo volume, con lo sviluppo del formalismo degli operatori nello spazio di Hilbert come premessa, anteriore alla stessa interpretazione fisica, della formulazione standard definitiva della teoria, come struttura matematica indipendente cioè rispetto ad ogni problema di verifica empirica, grazie all' estrema potenza e generalità che la rendeva isomorfa rispetto ad interpretazioni fisiche tra loro diversissime come quella matriciale e quella ondulatoria, ovviamente originate invece a loro volta, come si era visto nel precedente volume, dal confronto con problemi sperimentali³². E dopo questa partenza, tutta la trattazione evidenzia come gli sviluppi successivi rimettano in discussione ogni pretesa di univocità relativa ai diversi aspetti, anche i più generali della teoria fisica, come il rapporto matematica-fisica, teoria-esperienza, formalismo-interpretazione, oggetto-misurazione, e perfino la stessa logica subiacente alla teoria, rimettendo in gioco, prima e dopo decenni di dominio apparentemente indiscusso dell' interpretazione ortodossa, la questione fondamentale della continuità/discontinuità tra la teoria e la tradizione classica, che tale interpretazione aveva invece preteso di aver risolto definitivamente in termini di indeterminazione e complementarità/corrispondenza, evidenziando così senza più alcuna reticenza gli aspetti paradossali e i problemi aperti della teoria, relativi anzitutto all' interpretazione ortodossa, che non erano stati invece approfonditi nel precedente volume.

Ovviamente, muovendosi sul piano storico e inquadrando quindi le diverse posizioni nel loro contesto problematico e culturale specifico, perfino accidentale e contingente, sia pur sempre con un forte impegno di chiarificazione concettuale e fondazionale generale e complessiva, l' opera di Jammer non pretende certo di fornire ricette definitive e soluzioni, ma appunto di chiarificare, al tempo stesso in senso storico-critico e fondazionale, i dati dei problemi e le diverse soluzioni proposte, con un raro equilibrio tra l' analisi degli aspetti invarianti e quella degli aspetti variabili dello sviluppo storico scientifico. Rispetto agli sviluppi, successivi all' opera di Jammer, della stessa teoria quantistica e delle sue diverse interpretazioni, non resta quindi che sviluppare ulteriormente la sintesi feconda da essa avviata di analisi fondazionale e analisi storica, auspicando inoltre che tale sintesi sia applicata, da chi ne abbia specifica competenza, anche a terreni di indagine ed oggetti tematici diversi da quelli affrontati da Jammer, come altri diversi e più recenti sviluppi e della fisica e di altre discipline scientifiche.

di Pauli e Jordan, ecc. ecc., che tutte si basano comunque sugli stessi fatti sperimentali, per non dire di Dirac che guardava a questi con sovrano distacco.

³² Cfr. M. Jammer, *Formalism and Interpretations in The Philosophy...*, cit., pp. 1-19.