

L'evoluzione dei concetti scientifici

I. Uno degli aspetti della filosofia della scienza che ha suscitato un proficuo dibattito all'interno della comunità filosofica è il tentativo di fornire una spiegazione efficace di come si verifichi l'evoluzione concettuale nella scienza: non è facile infatti fornire una corretta giustificazione di come i concetti modifichino il loro significato con l'evolversi e trasformarsi delle discipline scientifiche. La problematica - che appartiene ad un ambito di ricerca piuttosto ampio e che non riusciremo a presentare nella sua interezza - è dunque legata alla semantica dei concetti ed all'evoluzione delle teorie scientifiche che ne fanno uso. In questo documento ci limitiamo a presentare alcuni aspetti basilari del problema, sottolineando come l'approccio oramai classico alla Filosofia della Scienza che si è sviluppato a partire dal Circolo di Vienna non sia riuscito a fornire una risposta soddisfacente all'argomento in questione. D'altro canto cercheremo di fornire un abbozzo di soluzione basato sugli strumenti messi a disposizione dalla Psicologia Cognitiva e sviluppati negli ultimi anni del Novecento da Nersessian[4]. Questo approccio ci sembra estremamente utile al fine di osservare come problematiche che sono proprie della Storia/Filosofia della Scienza possano trovare soluzione con strumenti di altre discipline.

II. Che i concetti scientifici evolvano nel tempo è un aspetto evidente e facile da riscontrare. Si osservi ad esempio come il concetto di inerzia sia differente a seconda che si consideri la dinamica newtoniana o la fisica relativistica di Einstein. Nell'opera di Newton infatti l'inerzia di un corpo ha una prerogativa 'passiva' in quanto rappresenta l'opposizione che esso esercita al movimento; nella teoria della relatività invece lo stesso concetto presenta una 'qualità attiva' dal momento che partecipa alla creazione del campo gravitazionale per via dell'equivalenza fra inerzia e gravità (Principio di Equivalenza). Si noti come nella Relatività Generale un corpo in rotazione crei un campo gravitazionale dovuto alla sola inerzia. Se nella Fisica ci sono innumerevoli casi storici di concetti che pur mantenendo la stessa denominazione variano il loro significato - di cui quello di inerzia è un caso - ve ne sono anche numerosi altri in cui il concetto perde via via le sue proprietà fino ad essere abbandonato del tutto dalla comunità scientifica. Si osservi ad esempio come il concetto di etere risultasse fondamentale nell'affrontare i fenomeni elettromagnetici nella seconda metà dell'ottocento (vedi i lavori di Maxwell e Lorentz) e come in seguito fu abbandonato del tutto con l'opera di Einstein. Una situazione analoga si ebbe con il concetto di calorico: nella fisica-chimica del settecento esso era a fondamento di numerosi fenomeni naturali, ma l'opera di Lavoisier ne mostrò l'inutilità tanto che nel giro di una generazione gli scienziati non ne fecero più alcun riferimento. Questi semplici accenni mostrano non solo come un singolo concetto abbia mutato il suo significato con l'evolvere della fisica, ma evidenziano inoltre come il mutamento di significato dei termini scientifici coinvolga anche la valutazione delle teorie nel loro complesso. Se infatti consideriamo due teorie in competizione - come potrebbero essere la teoria della relatività ristretta e le teorie alternative che furono sviluppate ad inizio 900 per giustificare i medesimi

fenomeni fisici, quali ad esempio la teoria di Lorentz o quella di Poincaré - il loro confronto non avviene solo in base alle previsioni sperimentali che generano, ma anche alla struttura concettuale sottostante. Se infatti un concetto ha un ruolo predominante in una teoria, mentre perde di significato nell'altra, come avviene ad esempio con il concetto di etere nella teoria di Einstein, a parità di previsioni sperimentali sarà superiore la teoria con una struttura concettuale più semplice. Lo studio dunque del significato dei concetti scientifici comporta anche conseguenze sulla comparazione di teorie alternative.

Il Positivismo Logico e l'interpretazione standard di una teoria scientifica.

I. Il Positivismo Logico si sviluppò durante la prima metà del 900 come risposta allo straordinario fervore che si ebbe nella Fisica e che portò alla nascita della Teoria della Relatività e della Meccanica Quantistica. Queste ultime mostrarono infatti come le vecchie categorie della filosofia della scienza ottocentesca andassero profondamente rivedute e corrette: sia la Meccanica Quantistica che la Relatività infatti utilizzavano concetti e strutture matematiche di difficile interpretazione, strutture e concetti a cui era difficile associare un significato effettivo. Si pensi ad esempio alle innumerevoli problematiche legate alla dualità onda/corpuscolo alla base della meccanica quantistica, oppure si consideri le medesime difficoltà nel dare un significato al concetto di spazio-tempo ed al suo ruolo essenziale nella Relatività.

II. Per dare una risposta a queste nuove sfide i filosofi del Circolo di Vienna - basandosi sulla teoria di Frege-Russell - concepirono una Teoria Scientifica come una struttura linguistica, suddivisa in un linguaggio teorico L_T , composto da concetti teorici inclusi in un vocabolario teorico V_T , ed in un linguaggio osservativo L_O , formato a sua volta da termini osservativi V_O . Nel primo positivismo logico i termini del linguaggio osservativo avevano un riscontro immediato: vi è dunque una corrispondenza immediata fra il termine e il dato della sensibilità che porta ad un inevitabile soggettivismo - tipico di ogni posizione filosofica empirista, in netto contrasto con il tentativo di costruire un'interpretazione filosofica dell'attività scientifica che invece ha la pretesa di fornire giustificazioni obiettive dei fenomeni naturali. Questa problematica era già stata affrontata da Mach nelle sue opere alla fine del Ottocento, ed egli aveva proposto di agglomerare i dati della sensibilità in strutture fisse - gli *elementi* - che nei suoi intenti avevano l'obiettivo di eliminare ogni sorta di soggettivismo legato ai dati immediati della sensibilità. Su questa linea - ed infatti Mach fu considerato come un precursore del Circolo di Vienna - gli empiristi di inizio secolo diedero un ruolo oggettivo ai dati della sensibilità attraverso la corrispondenza immediata con i termini del linguaggio osservativo. Come questa corrispondenza avvenisse nella pratica può essere evidenziato nella prima filosofia di Carnap.

II.a Nella sua prima opera fondamentale "*Der Logische Aufbau der Welt*"[1] il filosofo tedesco teorizza la ricostruzione empirica della conoscenza scientifica indicando le basi concettuali ed oggettive della scienza, costituite dalla teoria delle relazioni e dai dati elementari. Tenta di dimostrare come tutti i concetti

che fanno riferimento al mondo esterno, quelli relativi alla vita psichica delle persone... siano in ultima analisi basati su processi autopsichici, cioè concetti interni al flusso della coscienza dell'osservatore. Gli elementi fondamentali su cui poggia tutta la struttura teorica sono i 'protocolli', proposizioni che non hanno bisogno di essere giustificate, in quanto sono diretta conseguenza dell'esperienza empirica.

III. Per assicurare l'oggettività richiesta da un approccio scientifico ai fenomeni naturali, nel vocabolario osservativo non devono essere presenti termini teorici. La base epistemologica su cui si fonda l'intera struttura filosofica del positivismo logico è il ruolo essenziale che ha il dato sensibile: esso deve risultare oggettivo ed inglobato in una struttura - il linguaggio osservativo - a cui può accedere la struttura teorica. Da questo punto di vista infatti i termini teorici - tanto problematici nelle teorie della fisica post-relativistica - acquistano il loro significato se si riducono in ultima istanza ai termini osservativi - gli unici dotati di obiettività. L'approccio del Circolo di Vienna alla filosofia della scienza diviene dunque nel suo insieme riduzionista, in quanto riduce le strutture complesse di una teoria ai dati sensibili veicolati dal linguaggio osservativo.

IV. Il linguaggio osservativo in ogni caso non è unico; vi possono essere più linguaggi osservativi che inglobano i medesimi dati sensibili. Inoltre uno stesso linguaggio osservativo può essere utilizzato da teorie differenti, consentendo in questo modo una comparazione effettiva di teorie in competizione.

La svolta semantica di Carnap.

I. La rigidità teorico/osservativo del primo positivismo logico fu messa in evidenza sia dallo stesso Carnap - con la svolta semantica nella sua filosofia - sia da Lewis che basò il suo ragionamento spostando l'interesse dagli aspetti logico-formali (tipici della Filosofia del Circolo di Vienna) a come effettivamente opera l'essere umano posto di fronte all'esperienza. Lewis infatti in "*Mind and the World order*"[3] osservò come l'attività cognitiva umana non è suddivisa in modo così rigoroso in una sensibilità che fornisce gli elementi ad una attività teorica che li seleziona e organizza. Gli elementi della sensibilità non si possono separare univocamente dalla attività concettuale che li categorizza, fino a trasformarli in un'entità pura a cui si può accedere. L'attività sensibile risulta essere in parte concettuale: quando ad esempio formuliamo una sentenza osservativa operiamo sui dati della sensibilità inserendoli e confrontandoli con altre possibilità - in un insieme di esperienze passate e future che fanno parte del nostro vissuto. I concetti posizionano ciò che è dato in un insieme di esperienze: il 'dato' non è dunque un qualcosa di 'puro', ma è sempre mediato. La base del ragionamento di Lewis è dunque corretta: i linguaggi Teorico/Osservativo fanno parte della dimensione 'concettuale' dell'esperienza.

II. La separazione *teorico/osservativa* ha dunque la necessità di un nuovo fondamento che è fornito dall'ulteriore distinzione *teorico/concettuale*, come è facile osservare nella svolta semantica della filosofia carnapiana. Per Carnap una struttura concettuale è in ultima analisi un linguaggio che può essere dunque analizzato in modo formale. Il linguaggio osservativo in particolare è

una struttura concettuale che ha l'obiettivo di organizzare l'esperienza sensibile soggettiva. Noi abbiamo un'infinità di modi per rappresentare, ordinare, capire... i dati sensibili dell'esperienza e le differenze fra i diversi modi possono essere esaminate analizzando la struttura formale del framework linguistico in cui i dati sono stati inglobati. Essendo una struttura linguistica, L_O non avrà ora una corrispondenza immediata con i dati sensibili, ma vi saranno delle regole di corrispondenza fra il linguaggio osservativo ed il dato sensibile. Con questo approccio il dato sensibile non è più un'entità pura, ma risulta mediata dal framework linguistico utilizzato. Come nel caso dell'approccio standard - messo in evidenza in precedenza - il linguaggio osservativo per mantenere la sua oggettività non deve presentare termini teorici al suo interno: questo implica che anche la modifica proposta da Carnap è in ultima analisi riduzionista. Un termine teorico infatti acquista senso se si riduce il suo significato ai termini del linguaggio osservativo - ora rappresentato da una struttura concettuale. Sebbene le espressioni osservative siano strutture concettuali, e quindi richiedono un'interpretazione (il contributo essenziale di Lewis), non fanno parte di una struttura teorica. La dicotomia teorico/osservativo è ora sostituita da quella teorico/concettuale[2].

III. La distinzione *Teorico/Concettuale* riporta in primo piano la Kantiana suddivisione *analitico/sintetico* che nei termini di Carnap si riduce alla separazione fra *questioni interne* ed *esterne*. Se inizialmente consideriamo il framework concettuale che rappresenta i dati osservativi, notiamo come la sua scelta sia del tutto convenzionale e quindi in ultima analisi 'pragmatica': scegliamo il framework concettuale che meglio si adatta alle nostre esigenze in base a criteri di economia e semplicità. Come si vede questa scelta si fonda su considerazioni 'esterne' alla struttura concettuale scelta. Le questioni 'interne' invece sono poste all'interno di un quadro concettuale già stabilito e sono decidibili teoricamente secondo un metodo logico o empirico, a seconda che il quadro concettuale sia logico o "fattuale". Se ad esempio ci poniamo all'interno di un <<linguaggio cosale>> che viene utilizzato per parlare di cose, porsi la domanda se una cosa fa parte del linguaggio cosale è una questione interna, decidibile empiricamente o logicamente con le strutture interne del linguaggio utilizzato. Domandarsi invece se <<ci sono cose?>> è una domanda che si riconduce alla struttura d'insieme del quadro concettuale scelto e quindi risulta decidibile solo da un punto di vista pragmatico, cioè 'esterno' alla struttura scelta. Per meglio chiarire la distinzione interno/esterno Carnap porta alcuni considerazioni sui numeri. Per esempio la domanda se esiste un numero maggiore di dieci è una domanda interna: essa riguarda un elemento di una struttura - i numeri - che è garantita da un determinato quadro concettuale e può essere risolta teoricamente attraverso gli strumenti del linguaggio utilizzato - ad esempio attraverso una 'analisi logica' fornita dal quadro concettuale scelto. Se invece ci chiediamo se i numeri esistono nella realtà, ci poniamo una domanda che non può essere risolta teoricamente con gli strumenti del linguaggio utilizzato: è una domanda esterna[7].

La posizione di Quine (the network-view).

I. Quine si muove lungo la linea tracciata da Carnap - di cui era allievo - anche se critica aspramente alcune posizioni 'semantiche' del secondo Carnap. Se consideriamo la teoria verificazionista del significato di Carnap, notiamo come abbia un ruolo centrale la possibilità di correlare a singoli enunciati un preciso ambito di possibili eventi sensibili (ricordiamo infatti che l'ipotesi di Carnap rimane in ultima analisi riduzionista) ma questa posizione si fonda per Quine su un <<dogma dell'empirismo>> [6]; egli infatti non ritiene plausibile l'idea che un singolo enunciato possa essere separato da tutti gli altri e verificato singolarmente. La sua ipotesi invece è che gli enunciati siano verificabili sperimentalmente solo nel loro insieme.

II. L'ipotesi di Quine era già stata sostenuta da Duhem. Egli riteneva infatti che se la struttura concettuale fosse giudicabile da un punto di vista pragmatico - come si desume dal secondo empirismo di Carnap - dipendeva in realtà nel suo insieme proprio dall'esperienza. In apparente contrasto con questo (la scelta pragmatica), i singoli enunciati di una teoria potevano essere verificati fattualmente in base ad esperienze dirette. La storia della scienza però è ricca di esempi che si oppongono a questa visione: quando ad esempio una legge empirica incontra delle difficoltà a giustificare certi fenomeni naturali, essa non viene abbandonata nell'immediato - come dovrebbe essere se si accettasse l'ipotesi che i singoli enunciati siano verificati singolarmente - ma la comunità scientifica escogita stratagemmi, ipotesi ad hoc per fare rientrare l'esperienza problematica nel quadro teorico accettato in quel momento. Se però viene presentata una nuova teoria che ingloba l'esperienza problematica e risulta allo stesso tempo più semplice della rivale, la comunità scientifica - col passare del tempo - accoglie la nuova teoria come quella standard e abbandona quella precedentemente sostenuta. Questo breve 'excursus' serve ad indicare come nella pratica scientifica non esista una linea di demarcazione netta fra l'atteggiamento pragmatico e quello fattuale (la distinzione teorico-concettuale). Gli scienziati utilizzano queste due categorie non in modo rigido, ma in ultima analisi per risolvere i problemi che incontrano.

III. Secondo Quine lo scienziato ordina e struttura esperienze sperimentali, sviluppando su queste ultime strutture concettuali che le giustifichino. Egli dunque è un mediatore fra teoria ed esperienza, in quanto <<pone>> gli oggetti per imprimere al flusso delle esperienze sperimentali una struttura maneggevole ed adeguata alla teoria. Per fare un esempio in "*Word and Object*"[5] Quine considera il caso del concetto di molecola. All'utilizzo di tali entità non si è giunti perchè un qualche Fisico le abbia osservate direttamente - 'scoperte' - ma perchè la comunità scientifica realizza esperienze sperimentali che in seguito interpreta concettualmente. Il Fisico in questione si è posto il problema di quali possano essere le entità più efficaci a descrivere il flusso di esperienze considerate: egli dunque afferma l'esistenza delle molecole intese come istanze di ordine, dipendenti dalla teoria, e relative a determinate esperienze sperimentali. E' da notare che questo comportamento non si riduce solo alla pratica scientifica, ma è quello che compie ognuno di noi quotidianamente. Infatti anche noi 'poniamo'

come entità gli oggetti con cui abbiamo a che fare, e la loro utilità nel quotidiano è determinata in modo immediato, a differenza dei rigidi protocolli della pratica scientifica.

IV. Siamo giunti così alla conclusione non solo che la struttura concettuale utilizzata deve essere scelta in modo pragmatico, ma lo è anche la verifica dei singoli enunciati. Come aveva già osservato Duhem non esiste un *experimentum crucis* che falsifichi un'esperienza singola: essa deve essere valutata insieme alla teoria che la incorpora. Quine giunge addirittura a sostenere che "*qualsiasi proposizione potrebbe essere conservata come vera, qualunque cosa accada, se facessimo delle rettifiche sufficientemente drastiche in qualche altra parte del sistema.*". L'approccio filosofico sostenuto da Quine - ed espresso egregiamente dalla frase appena riportata - viene generalmente considerato come '**Network View**' in quanto ogni struttura concettuale fa parte di una rete le cui parti sono collegate l'un l'altra e che può essere valutata solo nel suo complesso, e solo da un punto di vista pragmatico. Se si modifica qualche aspetto/concetto della rete, ogni sua parte ne viene modificata.

V. Non solo la veridicità delle proposizioni è garantita dall'intera struttura concettuale-teorica che si utilizza - come evidenziato dalla frase di Quine - ma anche il significato di un singolo enunciato non ha più senso nella filosofia del pensatore americano. Veridicità e semantica sono co-estensive: questo implica dunque che anche il significato cessa di avere in generale una chiara applicabilità ai singoli enunciati. E' solo considerando la rete nel suo complesso che gli enunciati acquistano significato.

VI. Uno dei problemi centrali della 'Network View' è quello relativo alla incommensurabilità di teorie differenti. Se infatti consideriamo una comunità scientifica che tramite una rete di enunciati/concetti - una teoria - sviluppa una rappresentazione efficace del mondo esterno, cerchiamo di capire cosa succede quando questa rete di concetti non riesce a descrivere un'esperienza sensibile. In genere il dibattito scientifico porta in un primo momento alla modifica in qualche sua parte della rete concettuale, ma tale modifica - per come abbiamo visto - cambia nel suo complesso l'intera rete, costruendone una nuova versione incompatibile con la precedente. Teorie alternative, che corrispondono a reti concettuali differenti, non sono fra loro confrontabili. Vi è inoltre la sgradevole conseguenza che teorie competitive descrivono un mondo esterno 'differente'; il mondo della fisica newtoniana è 'in realtà' diverso dal mondo concepito dalla fisica einsteiniana. Questa problematica di incommensurabilità si basa sul dissolvimento dell'esperienza immediata, fondamento su cui poggia l'approccio standard del primo positivismo.

VII. Quine è consapevole di questo problema e tenta - da buon empirista cosciente dei limiti della sua posizione filosofica - di sviluppare un concetto sostenibile di esperienza immediata. Per capire come avviene questo passaggio è necessario capire come l'esperienza è interpretata nella 'network view': essa si trova all'estrema periferia della rete e viene inglobata dalle strutture concettuali ideate dagli scienziati (si consideri ad esempio quanto riportato sul concetto di molecola). Per sviluppare il rapporto esperienza/concettualizzazione in modo più dettagliato e meno 'superficiale' di quello sostenuto dal primo pos-

itivismo, Quine sviluppa un approccio comportamentista della percezione in cui l'osservatore è considerato come un apparato che reagisce 'elettricamente' agli stimoli sensoriali. Considerando inoltre che l'apparato sensoriale degli esseri umani è relativamente 'standard' - cioè lo stesso per ogni uomo - possiamo assumere che gli stimoli forniti dalla sensibilità siano gli stessi per persone differenti. In questo modo gli enunciati di più basso livello della rete concettuale che utilizziamo sono direttamente collegati a qualcosa di esterno ad essa, ripristinando una base comune su cui valutare le varie teorie.

Il contributo di Feyerabend.

I. Il problema dell'incommensurabilità delle teorie e del significato fu messo in risalto nel medesimo anno sia da Kuhn sia da Feyerabend. Il primo si mosse all'interno di numerosi studi di storia della scienza, mentre il secondo ebbe un approccio più filosofico che qui prenderemo in esame. L'obiezione centrale che Feyerabend sostiene contro il positivismo logico - compresa la 'Network View' di Quine - è che esso si fonda su un'assunzione a priori che non è mai stata analizzata in dettaglio: tale ipotesi consiste nell'assumere una relazione speciale fra l'osservatore ed un mondo esterno obiettivo. In sostanza Feyerabend critica l'assunzione di fondo di ogni empirismo: la possibilità di ridurre il significato delle teorie scientifiche a qualcosa di obiettivo per mezzo di una relazione diretta - sempre veritiera - fra i dati della sensibilità ed il mondo esterno.

II. Feyerabend sostiene che qualsiasi concezione filosofica basata su questa assunzione si possa definire come una '*teoria semantica dell'osservazione*': essa sostiene che una sensazione o stimolo sensoriale dell'osservatore sia il fondamento per associare un significato alle nostre operazioni mentali. Ciò che deve essere sottolineato è che l'assunzione di una relazione privilegiata e obiettiva fra l'uomo ed il mondo esterno è una ipotesi che deve essere valutata con estrema attenzione ed in rapporto alle numerose altre che si possono concepire.

III. In contrasto con la teoria semantica dell'osservazione, Feyerabend sostiene un'ipotesi del tutto differente che si ricollega alla psicologia della Gestalt: egli ritiene infatti che l'osservatore non è un soggetto passivo nell'arena dell'esperienza, ma piuttosto l'esperienza si attua all'interno di una complessiva '*Visione del mondo*' - World View - che rappresenta la nostra 'disposizione' verso il mondo esterno. Si osservi come una qualsiasi 'Word View' sufficientemente complessa sia in definitiva una teoria sul ciò che ci circonda, che determina teoricamente ogni esperienza. Come si vede, la proposta di Feyerabend sviluppa alle sue massime conseguenze le intuizioni di Lewis - o se vogliamo la svolta semantica operata da Carnap.

IV. Ma se non è più consentito un riduzionismo dalla teoria all'esperienza, come è possibile che i nostri enunciati acquistino senso? A questa domanda si può rispondere capovolgendo completamente l'approccio empirista: ora gli enunciati empirici non determinano il significato dei termini teorici, ma sono questi ultimi - cioè l'aspetto teorico - che determina il significato delle asserzioni empiriche. E' dunque la teoria che dà significato agli enunciati empirici e non il viceversa. Questa è la versione di Feyerabend della Network-View che egli

chiama *'Realismo Teorico'*. Esso si basa su tre componenti: (a) una teoria pragmatica dell'osservazione nel senso che ogni enunciato empirico viene inserito in un contesto in cui viene generalmente utilizzato; (b) il significato di un enunciato empirico è determinato completamente dal contesto teorico in cui è incluso; (c) le teorie hanno significato indipendentemente dalle osservazioni empiriche.

V. Il realismo teorico di Feyerabend non risolve il problema dell'incommensurabilità delle teorie (e di conseguenza l'incommensurabilità del significato dei concetti utilizzati), anzi lo considera come una logica conseguenza di come devono essere costruite le teorie. Se infatti accettiamo che una teoria sia in definitiva una *Word-View*, ciò significa che due teorie competitive non avranno nulla in comune e non potranno essere confrontate. Il successo di una a discapito dell'altra sarà legato a fattori politico-sociali che indubbiamente hanno il loro peso nel successo di una posizione scientifica, ma che non spiegano completamente il fenomeno.

La Teoria causale di Kripke e Putnam

I. Pochi filosofi seguirono l'approccio di Feyerabend - in special modo per le sue disastrose conseguenze che egli stesso sostenne con lo sviluppo del suo pensiero. Molti invece tentarono di superare la filosofia di Feyerabend notando che il riduzionismo su cui poggia il positivismo logico è una versione raffinata della teoria di Frege-Russell, dove il riferimento di un'entità è determinato dal senso che ad essa si fornisce. Da questa consapevolezza si deduce che è necessario separare completamente la coppia senso/riferimento; se infatti il riferimento viene in qualche modo svincolato dal concetto di senso, diviene la base certa per il confronto di teorie in competizione.

II. **Kripke** e **Putnam** svilupparono separatamente e per differenti ragioni una teoria alternativa a quella di Frege-Russell: il primo sostenne un approccio filosofico che prende il nome di *'teoria causale del riferimento'*, mentre il secondo propose una teoria che va sotto il nome di *'teoria causale del significato'*. Sebbene abbiano alcune differenze, entrambe le teorie presentano un cuore in comune che andremo ora ad analizzare.

III. La versione della teoria causale di Kripke si basa sul concetto del *'rigido designatore'*: vi sono alcuni concetti come i nomi propri che sono definiti per ostensione, indipendentemente da ciò che significhino inizialmente. Così ad esempio quando io definisco per ostensione il referente 'Mario Rossi', esso risulta indipendente dal senso che attribuisco a questo termine, dalla descrizione effettiva di chi sia Mario Rossi e così via. I riferimenti di queste parole sono dunque fissati inizialmente per ostensione e si mantengono nel tempo tramite una *'catena causale'* - una storia - che lega gli utenti di quel riferimento. È interessante notare come il perdurare del riferimento sia una caratteristica anche dei concetti scientifici quali ad esempio quello di massa. Si noti infatti come il riferimento rimanga lo stesso nell'arco della storia della scienza, ma si modifichi il suo significato. Così facendo si ha la possibilità di superare il problema dell'incommensurabilità dei concetti messa in evidenza per la *Network-View*.

IV. La proposta di Putnam si riallaccia a quella di Kripke per quanto

riguarda i termini naturali, ma sviluppa in maggior dettaglio l'approccio 'causale' ai termini teorici sotto almeno un duplice aspetto: in primo luogo vi è una relazione causale che lega il referente di un termine teorico con un fenomeno osservabile, nel senso che il referente del termine teorico è la 'causa' dell'effetto osservato; in secondo luogo vi è una relazione causale (storica) fra coloro che utilizzano il termine - in un modo analogo a quanto sostenuto da Kripke. Vi è dunque un aspetto sincronico - il primo punto 'causale' - ed uno diacronico che evolve nel tempo.

V. Questi due aspetti sono particolarmente interessanti per i filosofi: la presenza di 'proprietà essenziali' - quelle che causano l'evento osservato - possono funzionare come un criterio per l'utilizzo di una parola ad un determinato istante di tempo (aspetto sincronico), ma allo stesso tempo gli elementi causali della teoria permettono l'utilizzo del referente in un lasso di tempo più lungo, quindi un suo utilizzo inter-teorico (aspetto diacronico).

VI. Come semplice esempio consideriamo il concetto di 'acqua'. Inizialmente l'oggetto del mondo esterno che definiamo con il termine 'acqua' fu associato alla parola 'acqua' in modo ostensivo, fornendo alcune descrizioni che la caratterizzassero: per esempio che fluisce, che è trasparente di colore e così via. La scienza poi utilizzò questo termine in teorie differenti stabilendo con il passare del tempo le sue proprietà chimiche e fisiche. Il punto cruciale è che sia in Chimica che in Fisica - dove si studiò questo referente esterno - si utilizzò sempre il termine acqua con proprietà via via differenti.

VII. Da questo punto di vista la teoria di Putnam va incontro ad una problematica in quanto il referente ha un aspetto troppo rigido: che cosa infatti dobbiamo dire - e come ci dobbiamo comportare - di fronte a referenti quali il concetto di etere che inizialmente fu associato a qualcosa di reale, fornendo numerose proprietà verificabili empiricamente, ma che in seguito fu abbandonato dalla comunità scientifica? Una altra problematica della teoria di Putnam riguarda la teoria dell'essenzialismo e coinvolge il suo aspetto sincronico. Putnam infatti stabilisce che l'attività scientifica consiste nel definire fino ai suoi termini *essenziali* le proprietà di un termine teorico: così ad esempio la parola acqua raggiunge la sua definizione finale quando i fisici ed i chimici ne individuano la formula corretta (H_2O). Ma questa tesi risulta difficile da sostenere in quanto non è facile determinare un limite preciso che permetta di stabilire quando un termine è definito nei suoi aspetti essenziali.

VIII. In quest'ultimo punto si riscontra un atteggiamento tipico di tutta la tradizione filosofica del 900: sovente a sostegno delle proprie tesi i filosofi propongono numerosi esempi tratti dalla storia della scienza che sembrano giustificare le argomentazioni sostenute, ma spesso l'utilizzo di tali esempi risulta parziale, senza particolari scrupoli nell'analisi dell'effettiva pratica scientifica. Essi sono interessati agli aspetti formali (linguistici) di come dovrebbe essere la scienza e rivolgono poca attenzione a ciò che gli scienziati fanno nella quotidianità.

Una proposta cognitiva al problema dell'evoluzione concettuale.

I. Una conclusione che si può trarre dalla presentazione fatta nei paragrafi precedenti è che per una nozione corretta di significato non è più solo necessario studiare come la scienza dovrebbe essere, limitandoci all'aspetto formale e a quello linguistico (paradigma della filosofia della scienza del XX° secolo), ma risulta necessario associare i problemi legati al significato all'insieme di credenze (teoretiche, metodologiche, metafisiche, euristiche di vario genere) di problemi (anche in questo caso teorici, sperimentali...) che sono la 'forza motrice' per la costruzione del significato dei concetti scientifici.

II. La domanda che bisogna porsi per poter giungere ad una soluzione del problema dell'incommensurabilità del significato è come determinare - anche da singoli casi storici (ed è quello che faremo nel paragrafo seguente) - le proprietà che un concetto conserva con il trascorrere del tempo e le catene di inferenze e deduzioni che legano il significato di un concetto in fasi storiche differenti. Una risposta semplice che si può inizialmente fornire e che rappresenta il risultato dell'analisi storica del concetto di campo elettromagnetico, considera il concetto ed il significato ad esso corrispondente come strettamente correlati al fenomeno fisico che si vuole studiare. Così ad esempio il concetto di campo elettromagnetico - con i suoi vari significati costruiti da Faraday, Maxwell, Lorentz ed Einstein - è legato alla problematica di come descrivere la continua e progressiva trasmissione delle forze elettro-magnetiche nello spazio.

III. Per dare una risposta più articolata bisogna osservare che la definizione classica di un concetto (le condizioni necessarie e sufficienti) consiste nell'indicare in modo univoco le proprietà che lo caratterizzano. Se accettiamo questa definizione - che risale ad Aristotele - e la applichiamo a singoli casi storici incontriamo numerose problematiche che ci riconducono all'incommensurabilità del significato. Nell'esempio preso in esame il concetto di campo sviluppato da Faraday, da Maxwell, Lorentz ed infine Einstein è differente da autore ad autore, in quanto detiene proprietà definitorie incompatibili. Se d'altra parte accettiamo come concetto di campo corretto quello sviluppato da Einstein - seguendo in questo la tesi essenzialistica di Putnam - dobbiamo ammettere che prima del fisico tedesco il concetto di campo non è 'esistito'. Questo insieme di problemi ci porta dunque a concludere che la definizione classica di concetto non è più valida. Quale dunque adottare? Il problema di come definire un concetto non è esclusivo appannaggio del dibattito filosofico, come si deduce dai numerosi contributi forniti dalla psicologia cognitiva, che andremo ora brevemente a presentare.

IV. Nell'attuale psicologia cognitiva sono presenti tre definizioni di cosa sia un concetto: (1) la visione '*classica*' dove un concetto è un insieme di condizioni necessarie e sufficienti; (2) la '*prototype view*' dove un concetto è un insieme di famiglie simili, in cui le istanze di un concetto variano a seconda delle proprietà che si condividono; (3) la '*exemplar view*' dove un concetto è rappresentato dai suoi casi paradigmatici. Tra le tre quella che si adatta meglio agli esempi storici che affronteremo nel paragrafo successivo è sicuramente la '*prototype view*' che ora andiamo ad analizzare più in dettaglio.

V. E' essenziale stabilire il potere descrittivo/esplicatorio di un concetto. Su questo argomento si sono indaffarati i filosofi per centinaia di anni e ai nostri fini ci è sufficiente rispondere ad alcune domande essenziali a cui deve rispondere la nostra nozione di concetto: che cosa fa questo concetto? come lo compie? quali effetti produce? che tipo di entità rappresenta? e così via. Una volta chiarito come rappresentare il potere descrittivo/esplicatorio di un concetto possiamo introdurre la nostra definizione di concetto: esso si può considerare come una matrice bidimensionale dove sulle colonne sono disposte le varie proprietà esplicative che competono al concetto in questione e sulle righe i cambiamenti di queste proprietà che si sono susseguiti nel tempo. Una tale definizione prende il nome di *'meaning schemata'* (schema di significato).

VI. Al fine di stabilire quali proprietà siano importanti per un concetto (le colonne del meaning-schemata) si è deciso di utilizzare i criteri aristotelici per una 'buona' spiegazione: essi includono **'entità (stuff)'**, **'funzione'**, **'struttura'** e **'potere causale'**. Nella nostra proposta la proprietà 'entità' ha una valenza ontologica e rappresenta il referente a cui il concetto corrisponde; la 'funzione' di un concetto stabilisce 'che cosa fa'; la 'struttura' rappresenta la struttura matematica con cui si è implementato il concetto; il 'potere causale' infine descrive gli effetti causati da tale concetto. Si noti che non è detto che tutte queste proprietà siano presenti in tutte le fasi di costruzione del significato del concetto.

VII. Indicata la rappresentazione delle colonne di un meaning schemata, rimane da definire come si passi da un significato di un concetto - sviluppato in una certa epoca storica e con l'obiettivo di risolvere certe problematiche - ad una sua versione successiva, cioè ci dobbiamo occupare di come fornire un significato alle 'righe' di un meaning-schemata. Osserviamo anche che se si fornisce una spiegazione di come si passi da un significato di un concetto ad uno successivo, si supera anche il problema dell'incommensurabilità del significato che abbiamo messo in risalto nei paragrafi precedenti. Il passaggio dunque da un significato ad uno successivo avviene attraverso una **'catena di ragionamento'** che unisce la struttura iniziale di un concetto alla struttura successiva. Tale catena di inferenze può essere giustificata solo con un adeguato studio storico di come il concetto in esame si è evoluto. La nozione di 'catena di ragionamento' è mutuata dalle posizioni filosofiche di Shapere[8, 9].

Un esempio: il concetto di campo da Faraday ad Einstein.

I. Una volta indicato come rappresentare l'evoluzione di un concetto scientifico - con tutte le problematiche che comporta - è venuto il momento di presentare un caso storico su cui applicare quanto abbiamo descritto: si è deciso di analizzare il concetto di campo dalla sua nascita con Faraday fino alle sue ultime espressioni proposte da Einstein con la Teoria della Relatività. Quello che osserveremo è che il concetto di Campo Elettromagnetico viene elaborato in tre fasi: (a) un'iniziale fase che potremmo chiamare *'euristica'* in cui si introduce il concetto nella sua forma più semplice ad opera di Faraday; (b) una fase di transizione che abbiamo indicato come *'fase di elaborazione'* che si sviluppa per opera di

Maxwell e Lorentz; ed infine una *'fase filosofica'* (c) sostenuta da Einstein in cui gli aspetti epistemologici hanno il sopravvento su quelli sperimentali.

II. Nella prima fase viene elaborata una visione alternativa al classico approccio dell'azione a distanza per i fenomeni legati alle forze elettriche e magnetiche. Questa nuova proposta è sviluppata inizialmente da **Faraday**: egli indica - con una speculazione vaga e fortemente intuitiva - come luogo dell'azione di questi nuovi fenomeni lo spazio ad essi circostante. L'arrivo a questo nuovo approccio è un tentativo di soluzione di problematiche che si sviluppano a partire da alcune *convinzioni epistemologiche* di Faraday - quali ad esempio le sue riflessioni sulla materia e sul concetto di forza, e sulla preminenza dell'aspetto sperimentale nella pratica scientifica - ed ad alcune *problematiche osservative* come ad esempio l'interpretazione della 'rotazione elettromagnetica' di Oersted. Questa rete di convinzioni e problematiche conduce Faraday a sostenere che la rotazione osservata nell'esperimento di Oersted risulta da una 'attività' che si sviluppa nello spazio attorno al magnete ed al cavo di corrente elettrica.

III. Ciò che distingue Faraday dalla tradizione Newtoniana è che egli non cercò di spiegare i nuovi fenomeni elettromagnetici con gli strumenti concettuali messi a disposizione dalla Meccanica Newtoniana, ed in primo luogo il concetto di azione-a-distanza, ma nell'arco della sua attività scientifica cercò di costruire argomenti per una nuova concezione che rendesse conto di quell'iniziale intuizione sull'attività spaziale di cui si è detto. In questo processo egli sviluppò ciò che egli intese come *'continous, progressive trasmission of the action'* e che cercò di formulare in modo più preciso con una concreta immagine visuale e con analogie piuttosto vaghe con altri fenomeni simili.

IV. L'immagine venne creata quando Faraday dovette affrontare il fenomeno dell'induzione: in breve come spiegare la presenza di una corrente elettrica in un conduttore immerso in un campo magnetico variabile, o in un campo magnetico costante con il conduttore in moto. Tra i due soprattutto il secondo caso presentava delle difficoltà interpretative. Inizialmente il fenomeno venne spiegato con l'introduzione della nozione di *'stato elettronico'*, che però era difficile da controllare empiricamente. In seguito Faraday propose l'esistenza delle *'linee di forza'* che, se attraversate dal conduttore in moto, inducevano in esso la presenza di una corrente elettrica. Si noti come l'immagine delle 'linee di forza' abbia avuto un ruolo euristico, in quanto ha indotto Faraday a concepire esperimenti per giustificarne l'esistenza, ed anche un ruolo 'descrittivo', siccome esse davano una facile interpretazione di un fenomeno complesso. E' utile osservare anche come l'immagine delle linee di forza sia discreta mentre il fenomeno in esame sia in ultima analisi continuo: l'aspetto discreto dello strumento concettuale utilizzato è un approccio classico allo studio dei fenomeni continui.

V. Accanto all'immagine delle linee di forza, Faraday utilizzò in modo intensivo numerose analogie con altri fenomeni interpretabili con il concetto di linea, quali ad esempio i cerchi concentrici che si formano quando si lancia un masso in un catino pieno d'acqua, oppure le vibrazioni del suono nell'aria, od infine gli stessi raggi luminosi. Egli utilizzò queste analogie sia per chiarire che cosa si intendesse come attività continua di trasmissione dell'elettricità e del magnetismo (quindi un contributo esplicativo e di costruzione del significato) sia come fonte

di ispirazione per l'ideazione di nuovi esperimenti che evidenziassero l'esistenza delle linee di forza.

VI. Per concludere la breve descrizione del concetto di campo elettromagnetico sviluppato da Faraday è d'obbligo indicare come il termine non fu mai utilizzato dallo scienziato inglese, ma fu introdotto per la prima volta con il lavoro di Thomson. E' opportuno anche ricordare come la nozione di campo in Faraday fu sempre pensata come un'entità che includesse in ultima analisi tutte le forze della natura - un'idea di campo unificato che ritroveremo solo con Einstein nel 20° secolo.

VII. La proposta di Faraday non fu seguita dai fisici suoi contemporanei in quanto non presentava una struttura matematica completamente definita. A questa lacuna pose termine l'opera di **Maxwell** che riconosceva in Faraday un abile sperimentatore: egli affrontò il problema della trasmissione continua dell'azione elettrica e magnetica a partire da un network di convinzioni e problematiche del tutto differente da quella di Faraday. Le principali basi del suo pensiero sono state: (1) la tradizione della meccanica del continuo della scuola di Cambridge; (2) il concetto di analogie fisiche sviluppate da Thomson per dare forma alle speculazioni di Faraday; (3) le difficoltà della nozione di azione-a-distanza secondo la formulazione di Weber; (4) l'interesse suscitato dalle soluzioni di Faraday - l'azione continua - per il medesimo problema che affronta Maxwell; (5) l'interesse di fornire una struttura matematica generale per il fenomeno in esame. Come si nota il concetto di linee di forza non svolse una particolare influenza nel pensiero maxwelliano: esse rappresentavano l'effetto sperimentale di ben più complesse forze e sforzi che agiscono a livello di un 'medium meccanico' - l'etere newtoniano. E' quest'ultimo che diviene l'oggetto di studio di Maxwell con i mezzi matematici messi a disposizione dalla tradizione meccanica della scuola di Cambridge: *i fenomeni elettrici e magnetici divengono lo 'stato' di questo sistema meccanico.*

VIII. Per fare chiarezza su come interagiscono le forze elettriche e magnetiche con l'etere newtoniano Maxwell utilizzò numerose '*Analogie Fisiche*' che furono utilizzate in primo luogo per fornire una rappresentazione della configurazione delle forze nel mezzo, ed in secondo luogo per dare una rappresentazione formale di come queste forze sono prodotte. Si ha dunque un livello astratto dove le forze sono concepite come se fossero dello stesso tipo di quelle che si esercitano in un mezzo elastico, ed un livello concreto dove le forze sono prodotte allo stesso modo di come avverrebbe sempre in un mezzo elastico su cui sono imposti i vincoli ideati da Maxwell. Le analogie hanno un ruolo costruttivo nella creazione del significato del concetto di campo elettromagnetico: esse sono una guida per risolvere il problema di come rappresentare le forze elettriche e magnetiche all'interno di un mezzo elastico ed hanno un ruolo preponderante fino a che le equazioni per descrivere il fenomeno sono state individuate. Una volta che la formulazione matematica del problema viene completata le analogie fisiche di Maxwell perdono senso e non sono più utilizzate: o meglio il loro utilizzo è limitato ad esemplificare le equazioni che sono state sviluppate.

IX. Sebbene le equazioni di Maxwell descrivessero in modo adeguato le forze elettriche e magnetiche in rapporto ad un mezzo elastico (l'etere) esse non forn-

vano una spiegazione convincente dei meccanismi che le generavano; non chiarivano inoltre quale fosse il rapporto fra l'etere e la materia ordinaria e tanto meno non veniva spiegata la natura delle cariche che creavano i campi ed il loro rapporto con il campo stesso. Il contributo essenziale di Maxwell fu dunque quello di costruire una nuova dimensione al concetto di campo sviluppato da Faraday: la struttura matematica che lo potesse descrivere.

X. Al termine del XIX secolo ed all'inizio del XX divennero centrali per la comunità scientifica una serie di problematiche che includevano la natura dei processi legati alla visione elettromagnetica della luce (sviluppata da Maxwell), al rapporto di questa con la materia ordinaria ed infine allo stato di moto dell'etere luminifero, che rappresentava il sostrato fisico che giustificava i processi elettromagnetici. A questa serie di problematiche tentò di dare una risposta il fisico olandese **Lorentz**. Egli considerò l'etere come una struttura immobile, quindi il suo stato di quiete diveniva sia locale che globale.

XI. Le principali convinzioni, motivazioni e problematiche che guidarono la ricerca di Lorentz furono: (1) l'attitudine strumentale ed il suo approccio costruttivo alla Fisica; (2) il suo interesse nei fenomeni ottici; (3) l'accettazione delle equazioni di Maxwell come fondamentali; (4) il problema di separare l'etere dalla materia ordinaria e l'interazione fra il primo e la seconda; (5) l'assunzione dell'esistenza delle 'molecole'; (6) il riconoscimento della superiorità concettuale dell'etere Fresnelliano rispetto a quello formulato da Stokes.

XII. Lorentz dunque tentò di combinare la concezione della trasmissione continua dei fenomeni elettromagnetici con una struttura discreta della materia e dell'etere: la struttura di quest'ultimo fu concepita come 'rigida' e questo portò alla violazione locale del principio di azione-reazione e quindi in definitiva ad un comportamento locale non classico.

XIII. Sebbene la proposta di Lorentz di un etere rigido ed il suo studio delle interazioni dei campi elettromagnetici con le cariche che li generano (le forze che prenderanno il nome dal fisico olandese) riscosse uno straordinario successo, rimase aperta la questione di come inglobare lo sviluppo della teoria elettromagnetica con gli altri ambiti della fisica, quali ad esempio la stessa Meccanica Classica, la teoria termodinamica sviluppata in quegli stessi anni ed anche i primi approcci alla struttura della materia ed ai fenomeni quantistici. Mancava dunque una visione globale che permettesse di costruire una teoria unificata dei vari fenomeni fisici.

XIV. Per giungere ad una tale rappresentazione era necessario ragionare ed approfondire il significato dei fondamenti su cui le varie discipline si reggevano: questo arduo compito - che sconfinava quasi nella riflessione filosofica - fu intrapreso da **Einstein** nei primi anni del XX secolo.

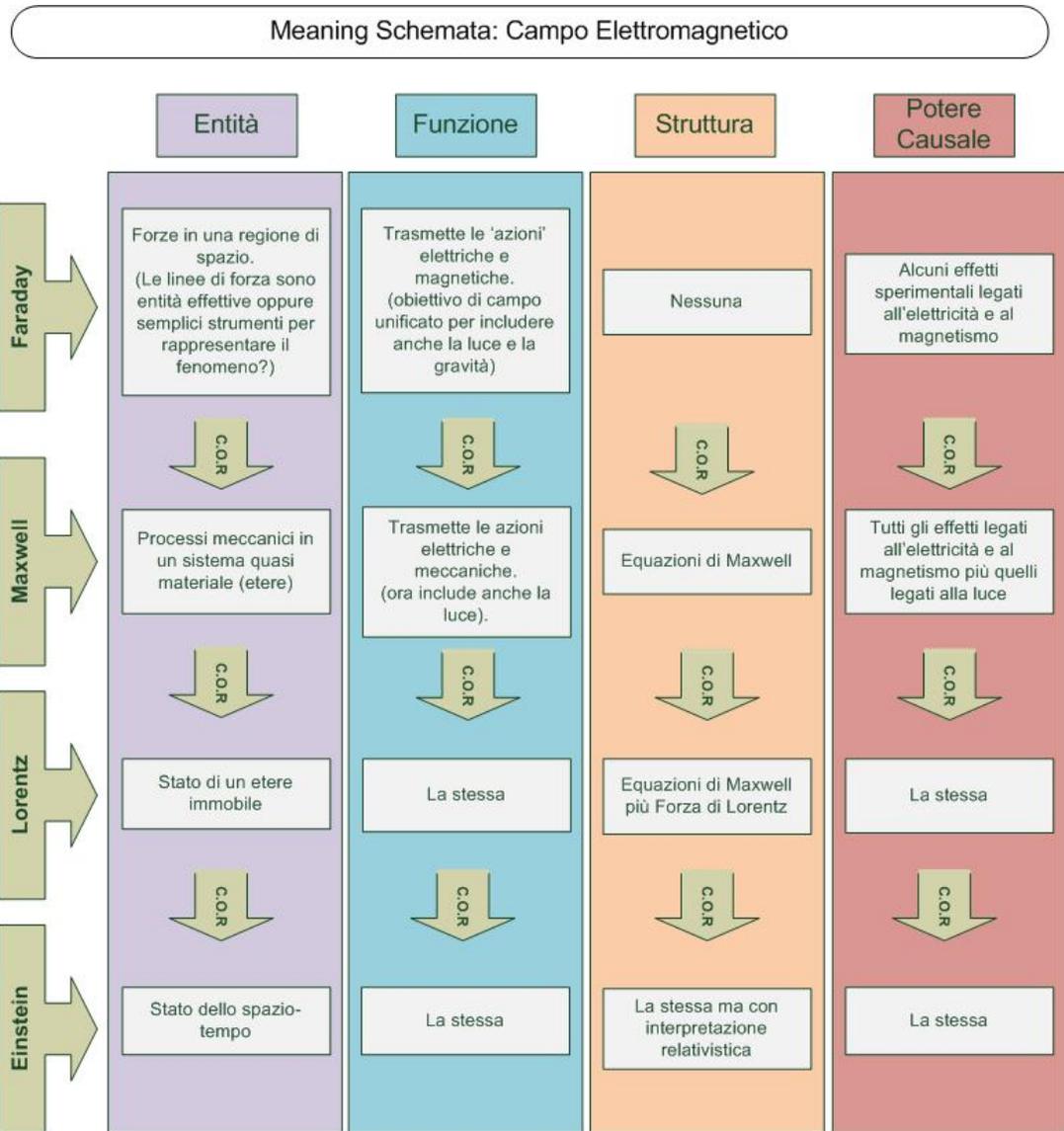
XV. Il network - parziale - di convinzioni che guidò il fisico tedesco nella sua ricerca fu: (1) come rendere conto dell'esperimento mentale che va sotto il nome di Aarau; (2) le filosofie di Hume e Mach di cui fu un attento lettore; (3) il problema di individuare lo stato di moto dell'etere; (4) l'etere rigido di Lorentz ed il problema legato alla dualità discreto-continuo nella sua teoria; (5) le conseguenze della quantizzazione dell'energia radiante sui fondamenti della meccanica e sulla teoria elettromagnetica; (6) il suo lavoro sul moto browniano

e sull'effetto foto-elettrico.

XVI. Sulla base di queste convinzioni e problematiche, egli si convinse che la nozione di etere fosse del tutto superflua; le proprietà dei campi elettrici e magnetici divenivano proprietà dello spazio stesso. Data la sua analisi dei concetti di spazio e tempo (nell'articolo sulla Relatività Ristretta) l'etere perdeva quella prerogativa di essere il sistema di riferimento fisso rispetto a cui valutare i fenomeni fisici, mentre a partire dalla sua analisi della derivazione delle trasformazioni di Lorentz, il medesimo concetto perdeva quella proprietà 'causale' che gli consentiva di giustificare la contrazione delle lunghezze.

Conclusioni

Per concludere questa breve presentazione su come rappresentare l'evoluzione dei concetti scientifici, con l'obiettivo di superare la problematica dell'incommensurabilità del significato, riportiamo in forma schematica il **meaning schemata** legato al concetto di campo elettromagnetico. La figura seguente presenta lo schema: sulle colonne (in alto) sono indicate le proprietà esplicative del concetto (entità, funzione, struttura e potere causale), mentre sulle righe sono indicate le modifiche apportate alla nozione dai vari Fisici (Faraday fino ad Einstein). Il passaggio da una cella alla successiva è rappresentato con una freccia verticale che rappresenta una 'catena di ragionamento' (C.O.R.).



References

- [1] R. Carnap. *Der Logische Aufbau der Welt*. 1921.
- [2] R. Carnap. *Significato e Necessità*. La Nuova Italia, 1976.
- [3] C.I. Lewis. *Mind and the World Order*. Dover Publications, 1956.

- [4] N.J. Nersessian. *Faraday to Einstein: constructing meaning in scientific theories*. Kluwer, 1984.
- [5] W.V.O Quine. *Word and Object*. Cambridge, 1960.
- [6] W.V.O Quine. *I due dogmi dell'Empirismo*. Torino, 1966.
- [7] H. Kanzian C. Runggaldier. *Problemi Fondamentali dell'Ontologia Analitica*. 2002.
- [8] D. Shapere. Meaning and scientific change. *Mind and Cosmos*, 1:41–85, 1966.
- [9] D. Shapere. Reason, reference, and the quest for knowledge. *Philosophy of Science*, 49:1–23, 1982.