

2.3 Le posizioni filosofiche ed epistemologiche dei fisici italiani

2.3.1 Premessa

Una analisi delle posizioni filosofiche ed epistemologiche dei più rappresentativi fisici italiani⁶⁹ del periodo studiato non può prescindere da alcune considerazioni generali riguardanti lo sviluppo della fisica e, più in generale, della scienza.⁷⁰

L'analisi della evoluzione storica della scienza mostra che essa si è sviluppata sulla base di un presupposto realista che rende possibile tutte le asserzioni che affermano l'esistenza di qualcosa (asserzioni ontologiche) e le asserzioni sulle proprietà del mondo:

A 1 *Esiste un mondo, indipendente dall'osservatore, di cui l'osservatore fa parte*

Nello sviluppo storico della scienza non mancano posizioni che hanno negato o comunque considerato insignificante tale presupposto: sembra tuttavia ragionevole affermare che esso ha operato, almeno a livello implicito, nelle concrete articolazioni del lavoro scientifico.

Su questo presupposto si sono radicati due altri postulati:

A 2 *Ogni evento ha una causa (principio di causalità)*

A 3 *Il funzionamento del mondo è costante nel tempo (riproducibilità dei fenomeni)*

⁶⁹Questa, come le altre schede, non deve essere intesa come una organica trattazione dell'argomento. In particolare, non sono discusse qui le figure di due fisici che, in periodi diversi, hanno dedicato ampio spazio alle riflessioni epistemologiche: Giovanni Cantoni (1818 - 1897) e Giuseppe Gianfranceschi (1875 - 1934). Ulteriori riflessioni sulle posizioni filosofiche dei fisici italiani si possono trovare nell'articolo citato nella nota 51 e in: R. Maiocchi, *Einstein in Italia. La scienza e la filosofia italiane di fronte alla teoria della relatività* (Milano, 1985); R. Maiocchi *Non solo Fermi. I Fondamenti della meccanica quantistica nella cultura italiana tra le due guerre* (Firenze, 1991).

⁷⁰Riprendiamo qui alcune tesi svolte altrove: A. Casella, G. Giuliani, 'Il realismo come problema metodologico - Per un realismo empirico', in: G. Giuliani (a cura di) *Ancora sul realismo - Aspetti di una controversia della fisica contemporanea*, (Pavia, 1995), 13 - 30.

E' storicamente fondato affermare che: *A1* è un principio regolatore di cui si alimentano sia il senso comune che la scienza, in particolare nella sua componente sperimentale; l'orientamento *causale* (o comunque vogliamo definire ciò che ha stimolato la ricerca di relazioni invarianti di successione temporale tra fenomeni) ha ampliato la dimensione esplicativa e predittiva della scienza; *A3* è stato, sinora, ragionevolmente corroborato: il suo statuto epistemologico è quindi diverso dagli altri due che di tale corroborazione non possono avvalersi.

Su queste opzioni realiste di fondo si sono innestate, posizioni teoretiche e pratiche scientifiche che potremmo definire strumentaliste, schematicamente riassumibili nella asserzione che l'unico o il primario valore della scienza risiede nella sua capacità predittiva. Questo intreccio di realismo e strumentalismo ha innervato la pratica scientifica e ha innescato un dibattito filosofico non ancora sopito. E' tuttavia necessario distinguere e separare le astrazioni e le forzature tipiche del dibattito filosofico ed epistemologico – che contrappongono un realismo 'puro' ad uno strumentalismo altrettanto 'puro' – dalla concreta prassi scientifica dove opzioni realiste di fondo si sono felicemente coniugate con procedure strumentaliste, oppure scelte epistemologiche di tipo strumentalista hanno convissuto con un ineliminabile sottofondo realista.

Il caso dei fisici italiani viene discusso tenendo conto di questi elementi di analisi.

2.3.2 La filosofia della fisica di Heinrich Hertz

Un riferimento alle posizioni filosofiche di Hertz sarebbe probabilmente necessario in qualsiasi ricostruzione dello sviluppo della fisica del tardo ottocento. Abbiamo tuttavia una ragione specifica per occuparci di Hertz: la sua influenza su Ferraris e Garbasso.

La posizione filosofica di Hertz emerge con molta chiarezza nelle sue due opere principali: 'Le onde elettriche' e 'I principi della meccanica presentati in una nuova forma'. L'inizio della introduzione ai 'Principi della meccanica' costituisce una lucida sintesi del

pensiero di Hertz:

Il problema più diretto e, in un certo senso, il più importante, che la conoscenza consapevole della natura ci permette di risolvere, è quello di poter prevedere gli eventi futuri, in modo tale da poter predisporre le nostre faccende in accordo con queste previsioni. Come base per la soluzione di questo problema, facciamo sempre uso della conoscenza di eventi che sono già accaduti, ottenuta mediante un'osservazione casuale o un esperimento preordinato. Nel cercare di trarre delle inferenze sul futuro dal passato, procediamo sempre in questo modo. Costruiamo delle immagini o simboli degli oggetti esterni; e diamo loro una forma tale che le necessarie conseguenze delle immagini nel pensiero sono sempre le necessarie conseguenze nella natura delle cose descritte. Affinché questa condizione sia soddisfatta, ci deve essere una certa conformità tra la natura ed il nostro pensiero. L'esperienza ci insegna che questa condizione può essere soddisfatta, e quindi che questa conformità in effetti esiste. Quando riusciamo a dedurre immagini del tipo desiderato dall'esperienza precedentemente accumulata, possiamo, usando od usando modelli, dedurre le conseguenze che, nel mondo esterno, emergono solo in tempi relativamente lunghi oppure solo come risultato del nostro intervento. Siamo così in grado di anticipare i fatti, e quindi di prendere delle decisioni nella situazione presente in accordo con la previsione così acquisita. Le immagini di cui stiamo parlando sono le nostre concezioni delle cose. Esse sono in conformità con le cose stesse sotto *un* aspetto importante: perché soddisfano la condizione suesposta. Non è necessario, per i nostri fini, che esse siano in conformità con le cose sotto ogni altro aspetto qualsivoglia. Infatti, noi non sappiamo, né possiamo sapere in alcun modo, se le nostre concezioni delle cose sono in conformità con esse sotto ogni altro che non sia questo *unico* fondamentale aspetto.

Le immagini che ci possiamo formare delle cose non sono determinate senza ambiguità dalla condizione che le conseguenze delle immagini debbono essere le immagini delle con-

seguenze [delle cose]. Sono possibili diverse immagini degli stessi oggetti, e queste immagini possono differire per diversi aspetti. Noi dovremmo innanzitutto considerare inaccettabili tutte le immagini che violano implicitamente le leggi del nostro pensiero. Pertanto noi richiediamo innanzitutto che tutte le nostre immagini siano logicamente permesse, o, brevemente, che siano permesse. Chiameremo scorrette quelle immagini permesse le cui relazioni essenziali contraddicono le relazioni delle cose esterne, *i.e.* quelle che non soddisfano la nostra condizione fondamentale. Pertanto noi richiediamo, in seconda istanza, che le nostre immagini siano corrette. Tuttavia, due immagini permesse e corrette degli stessi oggetti esterni possono ancora differire per quanto concerne l'adeguatezza. Tra due immagini dello stesso oggetto la più adeguata è quella che descrive il maggior numero delle relazioni essenziali dell'oggetto: quella che potremmo chiamare la più precisa. Di due immagini egualmente precise, la più adeguata è quella che contiene, in aggiunta alle caratteristiche essenziali, il minor numero di relazioni superflue o vuote, la più semplice delle due. Le relazioni vuote non possono peraltro essere evitate: esse entrano nelle immagini perché esse sono pure immagini, immagini prodotte dalla nostra mente e necessariamente modellate dalle caratteristiche del suo modo di descrivere.

Le condizioni che abbiamo posto si riferiscono alle immagini: ad una rappresentazione scientifica delle immagini noi imponiamo altre condizioni postulative. Noi chiediamo che una rappresentazione fornisca una chiara visione di quali caratteristiche debbano essere attribuite ad una immagine sulla base della sua permissibilità, della sua correttezza o della sua adeguatezza. Solo così possiamo avere la possibilità di modificare o migliorare le nostre immagini. Ciò che si può attribuire alle immagini sulla base della loro adeguatezza è contenuto nelle notazioni, nelle definizioni, nelle abbreviazioni, in breve, in tutto ciò che può essere aggiunto o tolto arbitrariamente. Ciò che entra nelle immagini sulla base della loro correttezza è contenuto nei risultati

dell'esperienza, a partire dalla quale le immagini sono costruite. Ciò che entra nelle immagini in quanto permesse, è regolato dalla natura della nostra mente. Alla domanda se un'immagine sia permessa oppure no, noi possiamo rispondere senza ambiguità sì o no; e la nostra decisione sarà valida per sempre. Ugualmente senza ambiguità possiamo decidere se un'immagine sia o no corretta; ma solo secondo lo stato della nostra esperienza presente, lasciando la possibilità di un appello ad un'esperienza futura e più completa. Ma non possiamo decidere senza ambiguità se un'immagine sia o no adeguata; perché, a questo proposito, possono emergere differenze di opinione. Un'immagine può essere più adatta per un verso, un'altra per un altro; solo mettendo gradualmente alla prova molte immagini possiamo alla fine riuscire ad ottenere la più adeguata.⁷¹

Il rapporto fondamentale tra fisica e mondo esterno, come descritto da Hertz, può essere schematizzato dalla tabella 8; la tabella 9 riassume invece i suoi criteri di controllo delle teorie.

Mondo esterno		Fisica	
Cose	\Leftrightarrow	Immagini	
\Downarrow		\Downarrow	
Conseguenze delle cose	\Leftrightarrow	Conseguenze delle immagini	

Tabella 8: rappresentazione schematica del rapporto fisica - mondo esterno in Hertz.

Hertz è un realista, nel senso che ammette l'esistenza del mondo esterno e ritiene che compito della fisica sia quello di descriverlo mediante 'immagini' (che possono essere molteplici) il cui *unico* requisito è che le loro conseguenze (logiche) corrispondano alle conseguenze (osservate) delle 'cose'. Nella introduzione teorica alle 'Onde elettriche' la descrizione del processo conoscitivo della fisica è più articolato. Hertz sostiene che il nocciolo di una teoria fisica

⁷¹H. Hertz, *The principles of mechanics presented in a new form*, New York (1956), pp. 1 - 3. Ristampa della prima edizione inglese del 1899.

Criterio	Metodo di controllo	Esito del controllo	Validità del controllo
Permissibilità	Regole logiche	Sì/No	Definitivo
Correttezza	Esperimento	Sì/No	Provvisorio
Adeguatezza	Precisione * Semplicità °	Discutibile	Provvisorio

Tabella 9: le condizioni da imporre alle immagini o alle teorie. (*) Per precisione si intende la capacità di descrivere le relazioni *essenziali* dell'oggetto: una teoria è più precisa di un'altra se descrive più relazioni essenziali dell'altra. (°) Per semplicità si intende la capacità di usare il minor numero possibile di relazioni 'superflue o vuote'.

Mondo esterno	\Leftrightarrow	Descrizione matematica (Immagine)	Punto di vista (Ontologia)	\Rightarrow	Rappresentazione (teoria)
Cose	\Leftrightarrow	Sistema di equazioni interpretato			Entità teoriche fondamentali
\Downarrow		\Downarrow			\Downarrow
Conseguenze delle cose	\Leftrightarrow	Conseguenze del sistema di equazioni			Sistema di equazioni interpretato

Tabella 10: il rapporto mondo - ontologia - matematica - teoria in Hertz. La parte sinistra dello schema descrive la relazione fondamentale tra mondo esterno e sua descrizione: essa riproduce quindi, sotto altra forma, il contenuto della tabella 8. La parte destra mostra come la descrizione dipenda dalla scelta delle entità teoriche fondamentali: tale scelta è guidata da una ontologia.

è costituito dal suo sistema di equazioni: oggi diremmo 'il suo sistema di equazioni interpretato' intendendo che le grandezze fisiche che vi compaiono sono direttamente o indirettamente suscettibili di misura. Tuttavia, secondo Hertz, il significato delle grandezze fisiche può variare al variare della 'rappresentazione' o 'teoria' che conduce al sistema di equazioni. Queste rappresentazioni o teorie dipendono, a loro volta, da 'punti di vista', la cui funzione è quella di stabilire – sulla base di una ontologia – quali siano le entità teoriche fondamentali. Hertz, in realtà, non parla esplicitamente di ontologie: ma il loro ruolo fondante dei vari 'punti di vista' è

evidente, come è evidente l'obiettivo di Hertz di ridurre al minimo l'impatto dei 'punti di vista' – e quindi delle ontologie – sulla forma delle teorie. Utile a questo scopo è il criterio della adeguatezza delle teorie, criterio cui le teorie debbono soddisfare dopo aver ottemperato a quello della permissibilità (logica) e della correttezza (conformità con l'esperimento): vedi la tabella 9. Nella tabella 10 sono schematizzate le relazioni essenziali della epistemologia di Hertz.

Come appare chiaramente dai due articoli teorici contenuti nelle 'Onde elettriche', Hertz applica rigorosamente i criteri suesposti al caso dell'elettromagnetismo. Per perseguire questo obiettivo è necessario utilizzare "solo quegli elementi [entità teoriche] che non possono essere rimossi o cambiati senza alterare contemporaneamente [la predizione di] possibili risultati sperimentali".⁷² Il suo 'punto di vista' è quello secondo cui le entità teoriche fondamentali sono i campi elettrici e magnetici intesi come descrittivi 'stati' dell'etere. Tale scelta teorica è motivata innanzitutto da una ontologia negativa: il rifiuto della possibilità della 'azione a distanza' (definita come una 'specie di affinità spirituale' tra due corpi); in secondo luogo, dalla scelta relativa alla esistenza dell'etere. Tuttavia, questa scelta ontologica è cauta: più volte l'etere viene definito come 'ipotetico', in base alla consapevolezza – riteniamo – che "non sappiamo, né possiamo sapere in alcun modo se le nostre concezioni delle cose sono in conformità con esse sotto ogni altro aspetto che non sia questo unico fondamentale aspetto [le necessarie conseguenze delle immagini nel pensiero sono sempre le necessarie conseguenze delle cose descritte]". Ne consegue, per esempio, che la elettricità non solo non è una entità teorica fondamentale, ma è solo un 'nome', una 'notazione': è uno di quegli 'elementi' di cui si può fare a meno.

⁷²H. Hertz, *Electric waves*, New York (1962), p. 28. Ristampa della prima edizione inglese del 1893.

2.3.3 Galileo Ferraris

Ferraris non ha lasciato lavori espressamente dedicati alla trattazione di problemi epistemologici o di metodo; le sue convinzioni emergono tuttavia con chiarezza in due dei suoi ultimi scritti. In uno di questi, pubblicato postumo, Ferraris affronta il problema della interpretazione fisica dei campi.⁷³ Egli pone con chiarezza la questione fondamentale: se si considerano le masse (o le cariche, o qualunque altra analoga entità teorica) quali sorgenti dei campi, questi sono prodotti dalle masse ‘a distanza’; viceversa, se si considerano i campi quali entità teoriche fondamentali e primitive, allora le masse (e le cariche, ecc.) sono concetti secondari. Inoltre, in questo ultimo caso,

... non si hanno a considerare azioni a distanza, ma si è condotti a pensare ad un mezzo riempiente tutto lo spazio, ed a considerare [il generico vettore] \vec{A} come la manifestazione di una condizione di tale mezzo, per esempio di una specie di deformazione di esso, deformazione la quale si trasmette da punto a punto con continuità, per passi infinitamente piccoli.⁷⁴

Inoltre:

I due procedimenti si riducono a due scelte diverse delle quantità che in un medesimo sistema di equazioni si vogliono assumere come date e di quelle che si vogliono trattare come incognite: essi sono ugualmente legittimi e si equivalgono; scegliere l'uno o l'altro non significa risolvere alcuna questione fisica.⁷⁵

E, più avanti:

⁷³G. Ferraris, ‘Teoria geometrica dei campi vettoriali’, in *Opere di Galileo Ferraris*, Volume I, (Milano, 1902), 389 - 492. Il titolo, completato dalla locuzione ‘Come introduzione allo studio della elettricità, del magnetismo, ecc.’, è dovuto a Riccardo Segre, curatore dell’articolo. Secondo Segre, la stesura definitiva di questo lavoro è del biennio 1894 - 95.

⁷⁴Ivi, p. 451.

⁷⁵Ivi, p. 452.

Fra i due modi di definire e di trattare il campo di un vettore ora ricordati, quale è il migliore? . . . La risposta a questa domanda è già stata data. Se si considera il vettore come un semplice ente geometrico, entrambi i metodi, entrambe le *finzioni*,⁷⁶ sono ugualmente legittime; esse non possono avere altro scopo che quello di aiutare la mente fissando le idee su cose tangibili; fra di esse si può scegliere colla scorta del solo criterio della comodità che esse possono presentare. . . Se poi si considera il vettore come rappresentante una grandezza vettoriale fisica, le considerazioni dell'art. 41 ci hanno fatto vedere che, a decidere quale delle due maniere di trattare il campo meglio corrisponda alla natura fisica dei fenomeni, non bastano i fatti sperimentali dimostranti l'esistenza della grandezza vettoriale in questione e la legge della sua distribuzione. A decidere ciò occorrono altri fatti sperimentali, per esempio fatti indicanti una influenza dei mezzi materiali riempienti il campo sulla grandezza del vettore, o fatti relativi al modo secondo cui si propagano nello spazio e nel tempo le variazioni della grandezza vettoriale considerata. Finché non si possono fare intervenire nello studio fatti della natura di quelli ora accennati, la scelta fra le due maniere si può fare ad arbitrio, col solo criterio della comodità e della chiarezza relativa.

Ora intorno a questo criterio si può dire qualche cosa fin d'ora; ed anche rimanendo nelle attuali nostre considerazioni generali, si può notare come la finzione dello spostamento,⁷⁷ *indipendentemente dai fatti fisici sovraccennati, i quali la potranno imporre come la meglio corrispondente al complesso dei fenomeni*,⁷⁸ possa spesso stare innanzi all'altra per la perspicuità e per la semplicità delle interpretazioni alle quali conduce.⁷⁹

⁷⁶Corsivo nostro.

⁷⁷Derivante dalla scelta del campo quale entità primaria.

⁷⁸Corsivo nostro.

⁷⁹Ivi, pp. 489 - 90.

Ferraris prosegue poi argomentando come la scelta del campo quale entità primaria sia la ‘più diretta’, la ‘più semplice’, ‘molto più naturale’.

Da questi brani emerge chiaramente come Ferraris considerasse la trattazione matematica dei fenomeni fisici la caratteristica peculiare delle teorie fisiche: in essa risiede il loro valore primario. Da queste considerazioni resta esclusa una opzione ontologica netta; tuttavia essa emerge chiaramente in una conferenza del 1894, contemporanea quindi alla stesura del lavoro discusso in precedenza. La scelta è a favore del primato del campo e della realtà dell’etere. Queste opzioni sono intimamente connesse:

Ora se le forze elettriche impiegano un tempo a propagarsi, esse rimangono un certo tempo nello spazio e con esse rimane nello spazio la corrispondente energia. *Il concetto di un mezzo sede delle forze e dell’energia elettromagnetica è adunque obbligatorio*; e siccome la velocità di propagazione delle forze elettriche è uguale a quella della luce, così l’ipotesi più semplice e più legittima è che il corpo, nel quale ha sede e si propaga l’energia elettromagnetica, sia quel medesimo etere attraverso al quale si propaga la luce. *Ormai è indubitabile*: il mezzo che trasmette l’energia dall’albero di una ruota idraulica a quello di un motore elettrico lontano, o dal focolare di una motrice a vapore alle punte dei carboni fra le quali brilla l’arco voltaico od ai fili di carbone splendenti nei palloncini delle lampade ad incandescenza, è quel medesimo, attraverso al quale, e per opera del quale viene dal sole a noi pressoché tutta l’energia di cui disponiamo su questa terra.⁸⁰

La realtà dell’etere appare quindi asserita con grande convinzione; i campi elettrico e magnetico non sono che deformazioni dell’etere e, in quanto tali, sono anch’essi reali; tutta l’energia elettromagnetica è trasmessa attraverso l’etere, anche quando – sulla base di “vecchie abitudini, derivate in parte da un vecchio linguaggio” – pensiamo

⁸⁰G. Ferraris, ‘Sulla trasmissione elettrica dell’energia’, in *Opere di Galileo Ferraris*, Volume II, (Milano, 1903), p. 465. Corsivi nostri.

che in un filo percorso da una corrente l'energia venga trasmessa attraverso il filo. Tuttavia, il realismo di Ferraris è un realismo critico che distingue tra le entità teoriche essenziali di una teoria (la cui esistenza non può essere negata senza contraddire l'assunto realista di fondo) e modelli o finzioni che si propongono, per esempio, di specificare le caratteristiche dell'etere:

Intorno poi al meccanismo della trasmissione nell'etere si è cercato e si va cercando di diffondere alcune delle idee fondamentali per mezzo di finzioni o di modelli meccanici, alcuni dei quali, segnatamente quelli di FitzGerald e di Lodge, hanno indubbiamente contribuito in larghissima misura a popolarizzare le nuove teorie. Ma questi sono artifici utili soltanto per aiutare ne' primi passi gli studiosi meno addestrati alle astrazioni matematiche. Meno imperfettamente, ed in un campo più elevato, giovano a delineare le idee sulla proprietà dell'etere e sul meccanismo della trasmissione le ricerche teoriche, colle quali, in forma matematica, si confrontano le proprietà del mezzo elettromagnetico con quelle de' corpi elastici, o si cercano le proprietà meccaniche che si dovrebbero attribuire ad un corpo acciocché i suoi movimenti potessero soddisfare alle equazioni di Maxwell o di Hertz. Tali ricerche possono anche avere una importanza grande per sé, perché la dimostrazione di una analogia, o di una differenza, è per sé stessa un trovato scientifico. Ma se si considerano come teorie elettromagnetiche, anche queste hanno puramente il carattere di modelli provvisori, l'ufficio dei quali è somigliante a quello dei ponti di servizio che si adoperano nei lavori architettonici: necessari durante la costruzione, questi ponti debbono essere demoliti ad opera finita; lasciati in posto, impedirebbero la vista dell'edificio. Le equazioni di Maxwell, o quelle di Hertz, compendiano quella parte delle nostre nozioni intorno al mezzo elettromagnetico, la quale è fin d'ora, nello stato attuale della scienza, riducibile a forma precisa; esse compendiano quanto effettivamente si sa per esperienza intorno alle proprietà meccaniche del mezzo. Conoscendo quelle equazioni, noi siamo autorizzati a dire che conosciamo l'etere, col medesimo diritto

col quale diciamo di conoscere le proprietà de' corpi elastici, perché conosciamo le equazioni che reggono l'equilibrio ed il moto di essi. Una teoria meccanica dell'etere può essere legittima se si accorda con quelle equazioni, ma non può aggiungere nulla a ciò che esse dicono, o se aggiunge, aggiunge troppo. Le equazioni di Maxwell e di Hertz costituiscono da sé una teoria meccanica, una teoria meccanica larga, senza una precisa specificazione del meccanismo; una così detta interpretazione meccanica di essa non fa che specificare il meccanismo, ed ha maggiore probabilità di allontanarla dal vero, che non di avvicinarla ad esso. Una teoria è tanto più probabile quanto più è astratta. Se essa si traduce in equazioni rispondenti ai fatti direttamente dati all'esperienza, essa è quanto oggi si può desiderare. Il progresso starà nel fare che le equazioni abbraccino domani un più largo numero di fatti sperimentali.⁸¹

La posizione epistemologica del Ferraris richiama, per molti aspetti, quella di Hertz. Sebbene somiglianze e differenze possano pienamente emergere solo attraverso una comparazione puntuale degli scritti dei due autori, lo schema seguente può essere sufficiente per i nostri scopi.

⁸¹Ivi, pp. 467 - 68.

Hertz

La teoria di Maxwell è il sistema di equazioni di Maxwell. (Nota, 72, p. 21.)

Il problema più diretto e, in un certo senso, il più importante che la conoscenza consapevole della natura ci permette di risolvere, è quello di poter anticipare gli eventi futuri, in modo tale che noi possiamo predisporre le nostre faccende in accordo con queste anticipazioni. (Nota 71, p. 1.)

Ma l'accuratezza scientifica richiede saggiamente di non confondere la semplice e familiare figura, che ci è presentata dalla natura, con i brillanti ornamenti con cui eravamo abituati a vestirla. Di nostro arbitrio non possiamo in alcun modo modificare la prima; possiamo invece scegliere come ci piace il taglio ed il colore degli altri. (Nota 72, p. 28.)

Ferraris

Le equazioni di Maxwell, o quelle di Hertz, compendiano quella parte delle nostre nozioni intorno al mezzo elettromagnetico, la quale è fin d'ora, nello stato attuale della scienza, riducibile a forma precisa; esse compendiano quanto effettivamente si sa per esperienza intorno alle proprietà meccaniche del mezzo. (Nota, 80, p. 467.)

Una teoria è tanto più probabile quanto più è astratta. Se essa si traduce in equazioni rispondenti ai fatti direttamente dati all'esperienza, essa è quanto oggi si può desiderare. Il progresso starà nel fare che le equazioni abbraccino domani un più largo numero di fatti sperimentali. (Nota 80, p. 468.)

... invece di materializzare le equazioni matematiche vestendole, per così dire, con finti meccanismi, dobbiamo guardare il tessuto geometrico, che forma come lo scheletro dei fenomeni, in sé e per sé, come la espressione più semplice e più genuina di essi. (Nota 80, p. 468.)

Ferraris

Hertz

Piuttosto, *concepiamo ora le polarizzazioni come le sole cose che sono realmente presenti*; esse sono la causa dei movimenti dei corpi ponderabili, e di tutti i fenomeni che permettono la nostra percezione dei cambiamenti di questi corpi. La spiegazione della natura delle polarizzazioni, delle loro relazioni e dei loro effetti, noi le attribuiamo a, o cerchiamo di trovarle sulla base di, ipotesi meccaniche; ma ci rifiutiamo di riconoscere nelle elettricità e nelle forze - a - distanza una spiegazione soddisfacente di queste relazioni e di questi effetti. Le espressioni elettricità, magnetismo, ecc., hanno, d'ora innanzi, solo il valore di una abbreviazione. (Nota 72, p. 25. Corsivi nostri.)

Ora, se le forze elettriche impiegano un tempo a propagarsi, esse rimangono un certo tempo nello spazio e con esse rimane nello spazio la corrispondente energia. *Il concetto di un mezzo sede delle forze e dell'energia elettromagnetica è adunque obbligatorio*; e siccome la velocità di propagazione delle forze elettriche è uguale a quella della luce, così l'ipotesi più semplice e più legittima è che il corpo, nel quale ha sede e si propaga l'energia elettromagnetica, sia quel medesimo etere attraverso al quale si propaga la luce. *Ormai è indubitabile*: il mezzo che trasmette l'energia dall'albero di una ruota idraulica a quello di un motore elettrico lontano, o dal focolare di una motrice a vapore alle punte dei carboni fra le quali brilla l'arco voltaico od ai fili di carbone splendenti nei palloncini delle lampade ad incandescenza, è quel medesimo, attraverso al quale, e per opera del quale viene dal sole a noi pressoché tutta l'energia di cui disponiamo su questa terra. (Nota 80, p. 465. Corsivi nostri.)

Ciò che differenzia le due posizioni è un maggiore coinvolgimento ontologico di Ferraris rispetto ad Hertz. Ferraris direbbe forse che tale differenza è dovuta alla sua dimestichezza con le applicazioni tecniche ed alle ‘forzature’ che esse operano nel nostro pensiero:

[la trasmissione di correnti di grandi intensità] ... naturalmente dovette forzare nel pensiero il concetto dell’energia che passa da luogo a luogo, che si muove, che si trasmette. Col concetto nacque la corrispondente locuzione: *trasmissione dell’energia*, concetto e locuzione si assodarono e divennero popolari nella tecnologia, prima che su di essi si fermasse di proposito la speculazione scientifica.⁸²

2.3.4 Augusto Righi

Le posizioni filosofiche di Righi non erano sofisticate come quelle di Ferraris. Il suo realismo era di tipo ‘spontaneo’ e non era né mitigato né irrobustito da un adeguato atteggiamento critico. Le caratteristiche del realismo di Righi sono bene illustrate dai suoi lavori sull’effetto Faraday.⁸³ Come è noto, l’effetto Faraday consiste nella rotazione del piano di polarizzazione di luce polarizzata linearmente dovuta all’attraversamento di un materiale immerso in un campo magnetico diretto lungo la direzione di propagazione della luce. Righi inizia con l’osservare che

E’ tuttora quasi generalmente accettata dai fisici la feconda ipotesi colla quale Fresnel spiegò la polarizzazione rotatoria, ipotesi la quale, come è noto, consiste nell’ammettere che il raggio polarizzato incidente si decomponga entro il corpo in due raggi circolari inversi, che si propagano con velocità differenti.⁸⁴

Questa asserzione pone immediatamente il problema di che cosa si intende quando si afferma che ‘il raggio polarizzato incidente si

⁸²Ivi, p. 458.

⁸³A. Righi, ‘Studi sulla polarizzazione rotatoria magnetica’, *Il Nuovo Cimento*, 21 (1887), 36 - 54; 89 - 112; 22 (1887), 193 - 217; 23 (1888), 213 - 36.

⁸⁴Ivi, p. 36.

decompone entro il corpo in due raggi circolari inversi'. Per Righi, questa asserzione fa affermazioni sul mondo: le onde elettromagnetiche sono entità reali e tali *potrebbero* essere anche le due onde polarizzate circolarmente in cui quella originariamente polarizzata linearmente si decompone. Tuttavia:

... resta dubbio se la decomposizione di un raggio a vibrazioni rettilinee in due circolari di senso contrario, si debba semplicemente considerare come un utile e comodo artificio cinematico, o corrisponda ad un fenomeno fisico.⁸⁵

La ragione principale dei dubbi di Righi sulla *realtà* della doppia rifrazione circolare risiede nel fatto che è possibile pervenire alle stesse predizioni ottenute con l'ipotesi della doppia rifrazione circolare semplicemente supponendo che i mezzi materiali otticamente attivi ruotino il piano di polarizzazione della luce.

Tuttavia, Righi sottolinea che

Lo stabilire con prove sicure l'esistenza della doppia rifrazione circolare, sarebbe cosa di non lieve importanza. . . perché non è fisicamente indifferente l'ammettere o no la doppia rifrazione circolare, benché tanto nell'un caso che nell'altro si possa render conto dei fenomeni più importanti. . .⁸⁶

Quindi, il problema non è quello di scegliere tra due modelli che *rendono conto dei fenomeni*, ma di stabilire la *realtà* della doppia rifrazione circolare. Gli esperimenti condotti e le considerazioni teoriche sviluppate permettono, secondo Righi, di concludere che

... [questi risultati sperimentali rendono] sommamente probabile l'esistenza della doppia rifrazione circolare, nel senso fisico della parola, entro i corpi dotati di potere rotatorio magnetico, in virtù delle considerazioni esposte nel precedente capitolo.⁸⁷

⁸⁵Ivi p. 41.

⁸⁶Ivi.

⁸⁷Ivi, p. 112.

E' importante cogliere il fatto che il procedimento adottato da Righi è un esempio di quella che altrove abbiamo chiamato *fallacia ontologica del I tipo*.⁸⁸ Tale fallacia, nel caso in esame, può essere così delineata:

1. Un postulato dell'insieme dei postulati iniziali è di tipo *ontologico*, fa cioè affermazioni riguardanti l'esistenza di entità, fa cioè affermazioni sul mondo.⁸⁹
2. La componente ontologica di tale postulato è irrilevante ai fini delle possibili deduzioni. In altri termini: il fatto che esso faccia affermazioni circa l'esistenza di entità, non viene utilizzato nella catena deduttiva. Non solo: tale catena deduttiva rimane ovviamente valida anche se ai postulati ontologici iniziali si sostituiscono le loro negazioni.⁹⁰
3. Se le predizioni dell'insieme dei postulati sono ritenute confermate dagli esperimenti, allora si conclude che tale insieme di postulati è vero e che, in particolare, è vero il postulato ontologico, cioè è vero *anche* quanto esso afferma sul mondo.

La fallacia ontologica del I tipo consiste quindi in un procedimento ipotetico - deduttivo caratterizzato dal fatto che viene (talora implicitamente) inserito nell'insieme dei postulati iniziali un postulato ontologico che non viene utilizzato nella catena deduttiva. La eventuale concordanza delle predizioni così ottenute con i risultati sperimentali non permette quindi di trarre alcuna conclusione intorno al postulato ontologico.

⁸⁸Vedi la nota 70.

⁸⁹Nel caso presente il postulato ontologico è quello che suppone che l'onda piana polarizzata linearmente *esista* e che venga suddivisa in due onde polarizzate circolarmente (anch'esse reali) quando entra nel materiale dotato di potere rotatorio.

⁹⁰Nel nostro caso, quello che è rilevante per la catena deduttiva è che un'onda piana polarizzata linearmente viene *descritta* come composta da due onde polarizzate circolarmente cui vengono associate due diverse velocità di propagazione.

L'analisi di questi lavori di Righi mostra come un atteggiamento filosofico possa riflettersi direttamente nel lavoro di ricerca svolgendovi un ruolo di orientamento e di guida: gli esperimenti progettati ed eseguiti dovrebbero permettere di decidere se la scomposizione di un'onda polarizzata linearmente in due onde polarizzate circolarmente in senso opposto è un fenomeno reale o un mero artificio matematico. Abbiamo mostrato come, così facendo, Righi sia incorso in una fallacia ontologica; tuttavia, la sua posizione realista ha certamente svolto un ruolo euristico positivo nell'intera vicenda.

Nel caso della relatività il realismo di Righi – e l'immagine realista del mondo ad esso associata – agì quale elemento basilare del suo atteggiamento critico. Righi aveva pienamente accettato l'immagine del mondo – alla cui definizione aveva dato un contributo essenziale Lorentz – basata sulla esistenza dell'etere e sulla convinzione che l'interazione fondamentale della natura fosse, a livello microscopico, quella elettromagnetica:

Le forze molecolari ed atomiche non sarebbero che manifestazioni delle forze elettromagnetiche degli elettroni, e la stessa gravitazione potrebbe spiegarsi in base a questi concetti, come del resto si è già tentato di fare.⁹¹

... le forze elettriche e magnetiche non sono, come per lungo tempo si suppose, forze agenti istantaneamente a distanza, ma bensì la manifestazione di quell'etere universale, la cui esistenza è dimostrata necessaria, perché si possa render conto dei fatti, le quali forze si trasmettono non istantaneamente, ma colla velocità di circa trecentomila chilometri al secondo.⁹²

Questa immagine del mondo era omogenea ad una posizione filosofica che, in Righi, assume le caratteristiche del realismo delle teorie:

⁹¹A. Righi, *La moderna teoria dei fenomeni fisici (Radioattività, ioni, elettroni)*, Bologna, 1904, pp. 128 - 29.

⁹²A. Righi, 'La nuova Fisica', in *Atti della V Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze*, Roma, 12 - 18 ottobre 1911, (1912), 13 - 32, p. 14.

le teorie corroborate dall'esperimento descrivono come effettivamente vanno le cose del mondo (vedi l'analisi dei lavori sull'effetto Faraday). Come mostrato nella sezione 5.7, l'impatto di queste concezioni filosofiche ed epistemologiche con la teoria della relatività ristretta non poteva condurre ad esiti diversi da quelli di una ferma presa di distanza, appena mitigata dalla più volte ribadita ammirazione espressa nei confronti del lavoro di Einstein. La posizione critica espressa da Righi è interessante per diversi motivi. Innanzitutto bisogna osservare come al realismo delle teorie di Righi faccia da sfondo un realismo del senso comune le cui intuizioni fondamentali "accumulate dalla razza dopo secoli di osservazioni e d'impiego razionale dell'umana intelligenza" non possono essere poste in discussione da alcuna teoria (vedi la sezione 5.7). Emerge qui l'altra caratteristica di una posizione realista non sufficientemente critica: il suo ruolo frenante dovuto ad opzioni realiste non corrette (in questo contesto non tanto il forte richiamo al realismo del senso comune, quanto la richiesta che le teorie descrivano, in tutto e per tutto, ciò che effettivamente accade nel mondo). In secondo luogo è interessante osservare come la critica di Righi alla relatività (come peraltro quella di La Rosa e Quirino Majorana) sia motivata dalla impossibilità di una interpretazione realista della 'contrazione' delle lunghezze o della 'dilatazione del tempo' einsteniane – in contrapposizione ad una possibile interpretazione realista degli stessi 'effetti' previsti dalla teoria di Lorentz. Questa posizione di Righi è del tutto fondata e la sua correttezza fa emergere con maggiore chiarezza il punto nodale in cui Righi, La Rosa e Majorana sbagliavano: la richiesta di una integrale interpretazione realista di una teoria quale condizione, addirittura a priori, della sua accettabilità.

Il radicato realismo di Righi ha comportato una visione progressiva della scienza e la convinzione di un suo progressivo avvicinamento alla verità, intesa come insieme di asserzioni vere su come è fatto e su come funziona il mondo:

Se da una parte è saggezza il non mai dimenticare che le ipotesi sono soggette a modificarsi e a perire, è d'altra parte sterile scetticismo diffidare di esse ad oltranza, e pensare che

esse eternamente muteranno lasciandoci, dopo le lusinghe, delusi. Un tale scetticismo appare ad ogni modo completamente ingiustificato quando, dall'esame delle vicende passate, cerchiamo di formulare i presagi per l'avvenire. Infatti, se si scorre la storia della filosofia naturale si è piuttosto condotti ad una convinzione consolante, a pensare cioè che le cognizioni nostre vadano di più in più perfezionandosi. E' vero che spesso sembrano oscillare intorno alla verità senza che si acquisti mai la certezza d'averla una buona volta raggiunta; ma le successive oscillazioni appaiono di ampiezza rapidamente decrescete.⁹³

Anche in questo caso, tuttavia, il forte realismo ha condotto a posizioni troppo definitive, se valutate nel contesto di una fase di sviluppo della fisica in cui diversi fronti erano in movimento. Righi infatti prosegue:

Valga, a giustificare questa asserzione, l'esempio delle ipotesi successivamente accolte sulla natura della luce. Quando l'ipotesi dell'emissione fu dimostrata insostenibile, si adottò la teoria ondulatoria di Fresnel, e questo costituì un cambiamento enorme nel nostro modo di concepire la natura dei fenomeni luminosi. L'adozione dell'odierna teoria elettromagnetica costituisce invece una lieve mutazione, giacché essa rispetta quanto aveva di essenziale la teoria precedente.⁹⁴

Da sei anni, come è noto, Einstein aveva rimesso in discussione la capacità della teoria elettromagnetica di descrivere i processi di emissione e di assorbimento della luce ed aveva proposto l'ipotesi dei quanti di luce. Tuttavia, Righi era in buona compagnia quando non prendeva in considerazione la nuova ipotesi einsteiniana: essa si sarebbe imposta solo verso la metà degli anni venti.

Valutata complessivamente, la epistemologia di Righi appare in completa sintonia con la fisica da lui praticata: saldamente radicata

⁹³Ivi, p. 32.

⁹⁴Ivi.

nell'ottocento da cui aveva ereditato non solo la teoria interpretativa predominante e pervasiva – l'elettromagnetismo – ma anche le sollecitazioni a sopravvalutare la rapidità del progresso della scienza e la possibilità di accettare – quasi in tempo reale e, quindi, senza l'ausilio ineliminabile di una prospettiva storica – l'immagine del mondo da essa suggerita.

2.3.5 Antonio Garbasso

Garbasso ha lasciato diversi scritti espressamente dedicati a problemi filosofici ed epistemologici. Gran parte di questi sono raccolti nel volume *Fisica d'oggi, filosofia di domani* pubblicato nel 1910. Il titolo del volume rispecchia una convinzione di fondo dell'autore:

La filosofia e la scienza sono assai più intimamente legate che non credano gli scienziati che disprezzano la prima e i filosofi che ignorano la seconda...⁹⁵

Nella prefazione al volume citato, Garbasso afferma che:

Fisici e matematici, e i primi più che i secondi, tornano ad occuparsi da qualche decennio di quistioni generali: fenomeno certamente gradito e salutare per lo sviluppo delle scienze fisiche, e forse anche meglio per l'avvenire e la dignità delle discipline filosofiche... ed è fisica ogni ricerca diretta, col sussidio inscindibile dell'esperimento e del calcolo, alla soluzione di un problema della natura...⁹⁶

Tra il 1820 e il 1860,

...i fisici hanno disappreso l'uso delle matematiche, e per conseguenza necessaria hanno perduto quella nobiltà di pensiero e quel rigore insieme di speculazione, che è privilegio esclusivo degli spiriti curiosi della natura e matematicamente educati. La scuola di Regnault in Francia e, in parte

⁹⁵A. Garbasso, 'Scienza realistica' in *Scienza e poesia* a cura di J. de Blasi, (Firenze, 1934), p. 220.

⁹⁶A. Garbasso, *Fisica d'oggi e filosofia di domani*, (Milano, 1910), p. IX - X.

almeno, quella di Magnus in Germania, rimangono come un documento dell'impotenza costituzionale di una ricerca limitata allo stretto e grossolano empirismo. Faraday solo sembra fare eccezione in questo periodo di tempo, ma Faraday era matematico senza sapere di esserlo; tanto che l'opera del Maxwell, almeno dal punto di vista logico, appare spesso limitata ad un semplice lavoro di traduzione.⁹⁷

La rinascita della fisica avviene nella seconda metà dell'ottocento per opera di Maxwell, Lord Kelvin, Clausius, Helmholtz, Hertz e Gibbs.⁹⁸ Tuttavia:

A questo fervore di vita sono rimasti estranei quasi completamente, e rimangono tuttora, i filosofi di professione. La quale cosa può addolorare, ma non sorprendere chi rifletta alla preparazione inadeguata che ricevono nelle facoltà filologiche questi, che pretenderebbero di essere i moderatori supremi del movimento scientifico contemporaneo. Hanno posto in oblio i filosofi, che pure vivono di tradizioni come gli epigoni di certe grandi famiglie storiche, hanno posto in oblio che i magni spiriti della Grecia erano sapienti prima di essere savi. . .⁹⁹

E, più avanti:

Da noi fu ridotto recentemente ad un terzo il programma d'algebra e di geometria nel Liceo, e gli sviluppi matematici furono sostituiti con una serie di lezioni su la cultura ellenica. Se il corso è fatto con coscienza, i giovinetti retori della terza Italia vi impareranno almeno che certi ministri della pubblica istruzione non avrebbero potuto entrare nella scuola di Platone Ateniese.¹⁰⁰

L'opzione realista di fondo viene enunciata in modo esplicito anche in pungente polemica con le correnti irrazionalistiche e neoidealiste:

⁹⁷Ivi, p. X.

⁹⁸Appare singolare l'assenza, da questo elenco, di Boltzmann, alla cui opera Garbasso dedica, peraltro, due saggi.

⁹⁹Ivi, p. XI.

¹⁰⁰Ivi, p. XII.

... Enrico Poincaré ebbe un grandissimo ingegno e un più grande spirito, se si può tradurre con *spirito* l'*esprit* francese. E non seppe sempre resistere al vezzo, propriamente parigino, di *épater les bourgeois*.

Dopo di aver dimostrato un teorema notevole su le equazioni della dinamica, egli lo ridusse in parole del linguaggio comune, non senza dimenticare nell'enunciato una condizione principalissima. E affermò dunque che se di un fenomeno si conosce una teoria, se ne possono dare infinite altre, ugualmente soddisfacenti.

I filosofi lo presero in parola e mutarono via.

E' ragionevole infatti che, se gli scienziati si professano neokantiani, i filosofi divengano intuizionisti o neohegeliani.

L'eccesso della critica scientifica generò dunque in Francia il Bergson e in Italia Benedetto Croce.

I giovinetti schiacciati alla licenza liceale sono ora tra noi tutti quanti idealisti, nel senso *tecnico*, vale a dire nel cattivo senso della parola...¹⁰¹

La epistemologia di Garbasso, ruota intorno al concetto di *modello*:

... appare evidente che il concetto di modello, quando sia rettamente stabilito, permetterà di scendere a fondo nel processo con il quale la scienza si edifica, e di rischiarare ad un tempo le analogie che la mettono in rapporto con le altre forme della nostra attività spirituale, e le differenze pure che la costituiscono, in un ordine a parte, ciò che essa è o aspira a divenire.

Perché anzitutto, e conviene stabilirlo subito, sono appunto la costruzione e l'uso dei modelli, che ricollegano la scienza, nella sua forma più recente, con le speculazioni della filosofia classica, e con le dottrine teologiche ancora, con la poesia, nel suo senso più largo, e con le arti figurative.¹⁰²

¹⁰¹Ivi.

¹⁰²A. Garbasso, 'L'elettrodinamica e il valore delle teorie', in *Fisica d'oggi, filosofia di domani*, (Milano, 1910), p. 106 - 7.

Tuttavia, la scienza si differenzia nettamente dalla filosofia e dall'arte perché i suoi modelli sono *quantitativi*:

... le leggi del modello [della scienza] sono le leggi del fenomeno rappresentato, per la forma e per la quantità.

Qui sta veramente il carattere che distingue gli schemi della scienza da quelli dell'arte e della filosofia classica; perché queste ultime restringono le loro considerazioni al criterio della qualità, la scienza vi aggiunge ancora l'elemento quantitativo. E però scienza vera e rigorosa non si può dare senza l'ausilio delle matematiche. E ancora, storicamente, risulta che se il dominio della filosofia di vecchio tipo decresce, il metodo scientifico allarga a poco a poco il suo campo; è naturale infatti che i modelli numerici vengano preferiti, se possibile, a quelli altri.¹⁰³

Per quanto concerne le caratteristiche dei modelli, Garbasso ne individua tre. Al livello più elementare troviamo i modelli delle 'cose esteriori' che ci formiamo attraverso i sensi e la riflessione sulle nostre sensazioni:

I due sapienti [Platone e Aristotele] avevano dunque veduto chiaramente che la costruzione dei modelli è imposta dalla natura stessa del nostro pensiero; non sembra però che avessero avvertito quel processo più complicato che costituisce l'essenza di ogni speculazione teoretica e che si riduce in fondo alla proposta di una immagine ulteriore, allo studio di un modello del modello direttamente percepito.¹⁰⁴

Queste 'immagini ulteriori' (modelli dei modelli) sono quelle di cui si avvale la scienza (e la fisica in particolare). Essi vengono costruiti mediante un processo analogico:

... Il fisico invece, che imita il fenomeno dell'arcobaleno con l'artificio di una sfera di cristallo, o quello che riproduce il

¹⁰³Ivi, p. 111.

¹⁰⁴Ivi, p. 115.

miraggio dentro uno strato di gelatina, sillogizza per immagini o applica, in altri termini, il ragionamento analogico.

La fisica matematica, per sua parte, procede allo stesso modo, ma le sue *ipotesi* hanno la forma di equazioni, invece che di palle di vetro o di vaschette. Logicamente con questo non si guadagna nulla, ma si guadagna solo in eleganza e speditezza.

A voler considerare le cose con pieno rigore, si direbbe anzi che di necessità il modello analitico [matematico] sia più lontano dalla natura che il modello, in apparenza più rozzo, della fisica sperimentale. Perché se la percezione fornisce una immagine della realtà, e l'analogia fisica è già una rappresentazione mediata, il calcolo che traduce quest'analogia nel linguaggio dell'algebra, costituisce in qualche modo un'icona dell'icona dell'icona.

Questa condizione particolare di cose ha fornito forse il primo stimolo all'indirizzo fenomenologico moderno, il quale vorrebbe porre alla base di ogni teoria un sistema di relazioni senza punto cercare se queste corrispondano ad un meccanismo costruibile. Ma il partito, e lo abbiamo osservato a suo tempo, non è senza inconvenienti di molta gravità, e didattici e logici.¹⁰⁵

Questo brano è fondamentale per mettere a fuoco la posizione di Garbasso ed evidenziarne i limiti. Pur riconoscendo che il modello 'materiale' e quello 'matematico' sono equivalenti da un punto di vista logico, Garbasso privilegia nettamente il primo perché più vicino alla natura. Questa opzione favorisce – anche se non determina da sola – il rifiuto 'dell'indirizzo fenomenologico moderno' perché non si preoccupa della possibilità di poter costruire modelli materiali o matematici sulla base del sistema di equazioni che viene posto alla base di una teoria. Garbasso opera quindi, implicitamente, una distinzione tra teoria fenomenologica e modello matematico: tale distinzione parrebbe riconducibile al fatto che al

¹⁰⁵Ivi, p. 118.

modello matematico si richiede una rappresentazione del fenomeno in funzione di entità, possibilmente già note, il cui ‘comportamento’ è descritto quantitativamente e dettagliatamente in un contesto causale; inoltre, il modello matematico, diversamente dalle teorie fenomenologiche, è sempre basato su una rigorosa analogia. Garbasso riconosceva, naturalmente, il fatto che di uno stesso fenomeno si possono costruire molteplici (in teoria infiniti) modelli (matematici): riteneva comunque che questa situazione fosse legata alla incompletezza della conoscenza:

Per ora, una sola conclusione dobbiamo ricavare: che la varietà dei modelli e la molteplicità delle teorie accettabili non è una conseguenza della natura delle cose, bensì dello stato attuale del sapere. Ogni progresso nuovo della scienza deve corrispondere infatti ad una minore larghezza delle nostre vedute teoriche. ¹⁰⁶

Complessivamente la posizione di Garbasso risente delle idee di Hertz. Garbasso ha mutuato da Hertz le caratteristiche essenziali del rapporto tra ‘rappresentazione’ e realtà. Tuttavia, Garbasso si distingue da Hertz su una questione di grande rilevanza: la necessità, sostenuta da Garbasso, che le teorie siano sempre dei modelli nel senso sopra specificato ed il conseguente rifiuto delle teorie ipotetico - deduttive (designate da Garbasso come fenomenologiche). Questa condizione fortemente restrittiva imposta alle teorie discende, in ultima analisi, dalla assunzione della meccanica quale teoria ideale e dalla consuetudine da essa indotta alla modellizzazione nel senso inteso da Garbasso.

2.3.6 Orso Mario Corbino

Come Garbasso, anche Corbino respinge l’approccio fenomenologico:

D’altro canto anche gli spiriti più diffidenti contro l’elemento metafisico, che fa sempre capolino nei presupposti delle teorie fisiche, trovano nelle teorie dette fenomenologiche un

¹⁰⁶Ivi, p. 120.

processo d'indagine atto ad acquetare ogni preoccupazione sentimentale. In quelle teorie, invero, si astrae dalla considerazione del meccanismo intimo con cui hanno luogo i fenomeni; e si procede o per deduzione da alcuni principi remoti, quali quelli della Energetica, ovvero sintetizzando senza diretta giustificazione tutti i fatti osservabili in gruppi di equazioni differenziali, cui obbediscono alcune funzioni delle grandezze fisiche misurate. Ciò avviene, ad esempio, nella teoria termodinamica dei cambiamenti di stato e nella teoria hertziana dei fenomeni elettromagnetici.

Ben più suggestive e feconde sono però le altre teorie, con le quali si cerca di penetrare nella vera ed intima essenza delle cause efficienti, riconducendo il loro giuoco nascosto a quello di cause più direttamente accessibili alla nostra comprensione.¹⁰⁷

Dal passo citato emergono tre elementi: l'asserzione che alla base delle teorie fisiche si ritrovano presupposti metafisici; il rifiuto della procedura ipotetico – deduttiva, con il significativo esempio della versione hertziana dell'elettromagnetismo; l'apprezzamento per le teorie che cercano di chiarire l'intimo meccanismo dei fenomeni. Tuttavia, quest'ultimo approcio non è privo di inconvenienti:

Prendono così origine nuovi enti ipotetici, fluidi o particelle, cui si attribuiscono movimenti che sfuggono all'osservazione diretta, o proprietà prese in prestito alla materia comune. Sotto il cimento della verifica sperimentale le proprietà e la struttura dei nuovi enti introdotti si precisano, si costringono, si aggrovigliano talvolta, fino a giungersi purtroppo alla costruzione di vere mostruosità logiche. Basti citare ad esempio l'etere che forma la base della teoria della luce, e al quale si son dovute attribuire le proprietà più strane e più incoerenti.

¹⁰⁷O.M. Corbino, 'I fondamenti sperimentali delle nuove teorie fisiche', Discorso inaugurale letto nella Regia Università di Roma il 4 novembre 1909, in *Conferenze e discorsi di O.M. Corbino*, (Roma, 1938), p. 21 - 22.

E quando ai Fisici, già sopraffatti dalla complicazione del meccanismo ideato, si chiede se i nuovi enti, ch'essi maneggiano come cose vive, abbiano un'esistenza obbiettiva o rappresentino solo un mezzo economico e provvisorio d'indagine, la immensità del problema li sgomenta e li dissuade dalla elaborazione scientifica di una risposta qualsiasi. E rinunciando alla qualità d'uomini di scienza, ma ubbidendo solo alle proprie tendenze sentimentali, precipitano la loro opinione così come se giudicassero di un problema di religione o di politica o di estetica.¹⁰⁸

Tuttavia, l'individuazione del problema fondamentale del realismo – e cioè del rapporto tra fenomeni, teorie e mondo – e della necessità di trovarne una soluzione costringe Corbino in una situazione di stallo. Infatti, dopo aver riconosciuto che i fisici debbono contribuire razionalmente alla soluzione dei problemi filosofici posti dalla loro disciplina, Corbino si ritrae preoccupato di fronte alla possibilità che queste sollecitazioni di natura filosofica possano incoraggiare vuote speculazioni o contribuire ad un eccessivo sviluppo della ricerca teorica a danno di quella sperimentale:

Certo la Scienza ufficiale, che esercita un'influenza spesso decisiva sull'indirizzo della ricerca, determinando il successo o la sconfitta col distribuire gli onori e i posti di carriera, si assumerebbe una grave responsabilità incoraggiando o contrastando troppo questo nuovo risveglio delle attitudini speculative, già sopite dal ricordo della loro infecondità nel passato. . . Un eccessivo incoraggiamento alle ricerche di natura speculativa potrebbe così aver l'effetto di deprimere il lavoro sperimentale, che solo potrà fornire ai teorici dell'avvenire la soluzione dei problemi che ci affannano adesso. . . Non sembra, adunque, lecito il ritenere che un più intenso lavoro speculativo, nello stato attuale della fisica, possa servire ad estendere il campo delle nostre conoscenze sulla natura dei fenomeni. Ci si può chiedere all'opposto se da un esame rigoroso delle teorie dominanti, e dei loro

¹⁰⁸Ivi, p. 22.

fondamenti sperimentali, non possa aversi la caduta di alcune nostre credenze, che ci fan considerare quasi come verità dei semplici artifici di schematizzazione forse privi di ogni contenuto reale.¹⁰⁹

Le preoccupazioni di Corbino sembrano sinceramente dettate da una convinzione epistemologica: la supremazia della ricerca sperimentale e la sterilità della riflessione teorica e – a maggior ragione di quella filosofica – in assenza di un quadro sufficientemente articolato di dati sperimentali. Il Corbino della metà degli anni venti, muterà, come vedremo, posizione rivalutando il ruolo della ricerca teorica nello sviluppo della fisica (vedi la sezione 5.1).

Il ruolo fondamentale dell'esperimento appare comunque essere un tratto caratteristico della riflessione epistemologica di Corbino. In un articolo del 1907 sulle teorie della massa elettromagnetica Corbino scrive:

Da parte mia osservo che sarebbe opportuno abbandonare ogni preconceito metafisico e giudicare il valore dei postulati alla stregua dell'accordo coi fatti... Che se si vuol fare della metafisica, mi sembra che una volta ammesso l'etere in riposo assoluto, e i corpi animati da un moto di traslazione rispetto all'etere, niente di straordinario che questo moto possa in qualche modo più o meno accessibile all'esperienza essere rivelato.¹¹⁰

E, nel 1912, in una conferenza tenuta alla riunione della Società Italiana di Fisica sulla fisica dei quanti:

E' ben chiaro da quanto si è detto come la necessità di metter d'accordo la teoria e l'esperienza ci abbia condotti a questa concezione così singolare della emissione e dell'assorbimento a sprazzi dell'energia, concezione che se poteva esser giustificata, nel suo meccanismo, con la teoria del bombardamento corpuscolare di Newton, appare inconciliabile con

¹⁰⁹Ivi, pp. 23, 24, 25.

¹¹⁰O.M. Corbino, 'Le recenti teorie elettromagnetiche e il moto assoluto', *Rivista di Scienza*, 1 (1907), 160 - 167, p. 165.

la teoria ondulatoria della luce e con quella elettromagnetica... Ma troppi altri fatti l'ipotesi stessa non spiega ancora: e l'essenza stessa della teoria ondulatoria viene anzi a mancare; cosicché se la teoria dei quanti non fosse indispensabile, come ha mostrato Poincaré, per giustificare la legge di ripartizione dell'energia nello spettro quale si rivela con l'esperienza, nessuno oserebbe prenderla in considerazione.¹¹¹

Emerge qui la consapevolezza che non è sufficiente il confronto con i dati sperimentali per valutare la consistenza di una nuova ipotesi: essa deve essere vagliata anche rispetto all'insieme della conoscenza acquisita. Nel caso in questione, Corbino sospende il giudizio, perché non riesce a valutare quali dei due criteri debba prevalere:

Risulta ben chiaro da tutto ciò quale grave stato di malessere preme sulla Fisica teorica attuale; ci si trova infatti di fronte a una ipotesi sorta accidentalmente, in seguito a un particolare procedimento di calcolo del Planck; feconda di risultati importantissimi e imprevedibili; ma legata a questi successi con tenacia che resiste a tutte le repugnanze così ben fondate contro la credenza nella sua verità. E perciò nessuno osa difender la nuova teoria per il suo intrinseco contenuto; ma purtroppo nessuno riesce a trovare una via d'uscita, o per lo meno a dimostrare che ciò sarà possibile in avvenire, e che si riuscirà a liberare l'edificio mirabile della Fisica teorica dall'ospite nuovo così fastidioso ma così necessario.¹¹²

In un altro contesto, riguardante le problematiche connesse all'effetto Hall, Corbino fa prevalere il criterio dell'accordo con i dati sperimentali.¹¹³ La questione è quella connessa al segno dell'effetto Hall che deve essere negativo se i portatori di carica elettrica nei

¹¹¹«La teoria dei quanti e le sue applicazioni all'ottica e alla termodinamica», *Il Nuovo Cimento*, VI, 3, (1912), 368 - 387, p. 379.

¹¹²Ivi, p. 387.

¹¹³Vedi la nota 53.

conduttori sono gli elettroni.¹¹⁴ Secondo Corbino, l'osservazione di coefficienti di Hall positivi è un indice sicuro della esistenza di portatori di carica positivi, chiamati 'ioni o elettroni positivi'. Questa tesi era in contrasto con la conoscenza considerata acquisita riguardante la struttura della materia e, in particolare, la struttura dei metalli. Corbino fu isolato, dopo il 1910, nel difendere la teoria della conduzione elettrica basata su due tipi di portatori di carica. La controversia fu risolta alla fine degli anni venti dalla applicazione della meccanica quantistica ai solidi cristallini: la conduzione elettrica nei semiconduttori e nei semimetalli deve essere descritta in termini di due tipi di portatori di carica, ma quelli positivi (buche, dall'inglese 'holes') sono solo il riflesso del comportamento di tanti elettroni in presenza di pochi livelli energetici vuoti in una 'banda' di energia. Avevano dunque ragione coloro che sostenevano la sostanziale correttezza della concezione della struttura dei conduttori basata sull'esistenza di un unico tipo di portatori, gli elettroni; ma aveva ragione anche Corbino nell'insistere sul 'contributo' alla conduzione di due tipi di portatori.¹¹⁵

2.3.7 Enrico Fermi

Fermi non ha lasciato lavori espressamente dedicati a riflessioni epistemologiche o filosofiche; e ciò non è sorprendente se si tiene conto del suo approccio essenzialmente pragmatico alla fisica. E' quindi necessario andare alla ricerca di opinioni espresse all'interno della sua vasta produzione; noi ci siamo essenzialmente – anche se non solo – limitati all'esame dei suoi lavori di divulgazione.

L'approccio pragmatico di Fermi appare evidente sin dai suoi primi lavori riguardanti la relatività e la fisica dei quanti. In essi

¹¹⁴Il coefficiente di Hall per un metallo è dato dalla espressione $R_H = 1/ne$ dove e è la carica dei portatori ed n la loro densità. Nel caso dei metalli e è negativa; da cui segue che anche R_H è negativo.

¹¹⁵Naturalmente nel dibattito erano coinvolte scelte ontologiche diverse, basate su una comune opzione realista di fondo: mentre per i sostenitori della teoria 'ortodossa' esistevano solo gli elettroni, Corbino riteneva che esistessero anche gli 'ioni o gli elettroni positivi'.

non compare alcuna riflessione di natura epistemologica o filosofica. Anche nel breve contributo scritto per l'appendice alla edizione italiana de 'I fondamenti della relatività einsteiniana' di Kopff, non compaiono riflessioni di questo tipo, nonostante che la natura della appendice – intitolata 'Valore e interpretazione della teoria' – le sollecitasse. Nel suo contributo, Fermi si occupa esclusivamente dei rapporti tra massa ed energia e così giustifica questa scelta:

La grandiosa importanza concettuale della teoria della relatività, come contributo ad una più profonda comprensione dei rapporti tra spazio e tempo, e le vivaci e spesso appassionate discussioni a cui essa ha in conseguenza dato luogo anche fuori degli ambienti strettamente scientifici, hanno forse un po' distolta l'attenzione da un altro suo risultato che, per esser meno clamoroso e, diciamolo pure, meno paradossale, ha tuttavia nella fisica conseguenze non meno degne di nota, ed il cui interesse è verosimilmente destinato a crescere nel prossimo svilupparsi della scienza. Il risultato a cui accenniamo è la scoperta della relazione che lega la massa di un corpo alla sua energia.¹¹⁶

E, dopo aver sottolineato la grande quantità di energia che si renderebbe disponibile qualora si potesse sfruttare il rapporto tra massa ed energia previsto dalla relatività ristretta, Fermi commenta:

Si dirà con ragione che non appare possibile che, almeno in un prossimo avvenire, si trovi il modo di mettere in libertà queste spaventose quantità di energia, cosa del resto che non si può che augurarsi, perché l'esplosione di una così spaventosa quantità di energia avrebbe come primo effetto di ridurre in pezzi il fisico che avesse la disgrazia di trovar il modo di produrla.¹¹⁷

In sintonia con questo approccio è un breve articolo sulla fisica dei quanti, apparso nel 1925. Qui è significativa la conclusione

¹¹⁶E. Fermi, 'Le masse nella teoria della relatività', in *Note e memorie*, volume I, (Roma 1961), 33 - 34, p. 33; da: A. Kopff, *I fondamenti della relatività einsteiniana*, (Milano, 1923).

¹¹⁷Ivi, p. 34.

dell'articolo, se considerata congiuntamente alla data di pubblicazione:

Possiamo dunque concludere dicendo, che se pur manca nella teoria dei quanti la risoluzione di alcuni problemi di importanza fondamentale, non manca tuttavia il tentativo di dedurre tutte le regole, logicamente, da alcuni principi generali.¹¹⁸

Siamo alla vigilia della nascita della meccanica quantistica dovuta alla acuta consapevolezza della crisi, probabilmente senza sbocco, della 'vecchia' fisica dei quanti: di questo travaglio non c'è traccia nel lavoro di Fermi. Qualche anno più tardi, ad una riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, Fermi riconosce invece che:

Nella vecchia teoria dei quanti si erano potuti interpretare, e, in parte, anche prevedere un grande numero di fenomeni, tanto da non lasciar dubbio che si fosse sulla buona strada. Non si poteva però illudersi che bastassero perfezionamenti e ritocchi per correggerla delle sue manchevolezze; poiché la teoria conteneva in sé delle contraddizioni logiche che, poco osservate nei primi tempi, nella foga di scoprire nuovi risultati, diventavano col passare del tempo, sempre più sgradevoli.¹¹⁹

¹¹⁸E. Fermi, 'Sui principi della teoria dei quanti', in *Note e memorie*, volume I, (Roma 1961), 138 - 141, p. 141; da: *Rendiconti del Seminario matematico dell'Università di Roma*, (1925).

¹¹⁹E. Fermi, 'I fondamenti sperimentali delle nuove teorie fisiche', in *Note e memorie*, volume I, (Roma 1961), 330 - 335, p. 330; da: *Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze*, Firenze, 18 - 25 settembre 1929, (1930). Non è forse casuale il fatto che il titolo di questa conferenza sia identico a quello della conferenza tenuta da Corbino a Roma nel 1909. Forse anche Fermi, come Corbino, riteneva che le teorie trovassero il loro fondamento – nel contesto della scoperta – solo nei dati sperimentali. Ciò sembra confermato dal seguente passo: "I grandi maestri del seicento e del settecento, mentre da un lato avevano insegnato che lo studio della Natura può farsi solo attraverso all'esperienza, avevano dall'altro lato costruito in gran parte i mirabili strumenti matematici che consentono di interpretarne e di farne fruttare i risultati".

Tuttavia, Fermi non concede troppo alle riflessioni critiche. In un articolo del 1930 liquida il dibattito sulla meccanica delle matrici e quella ondulatoria con un passo emblematico da cui emerge con nettezza la sua posizione strumentalista di fondo:

Ciò nonostante si è potuto dimostrare che le due teorie sono matematicamente equivalenti tra di loro, e cioè conducono, in tutti i casi possibili, agli identici risultati. Così che ormai non occorre più distinguere tra le due teorie, ma si applica, caso per caso, quella di esse che è matematicamente più comoda.¹²⁰

Il continuo ritorno sui temi connessi alla meccanica quantistica permette a Fermi di puntualizzare la sua posizione:

Desidero qui dire due parole sopra il criterio che è servito di guida nella costruzione di queste nuove leggi, e che è stato uno dei fattori più importanti e caratteristici della fisica del nostro secolo. Questo criterio, pur essendo in sé quasi evidente, ha bisogno, in alcuni casi, di un certo coraggio per essere applicato. Nella fisica di oggi si considera che abbiano un significato preciso soltanto le grandezze suscettibili di una determinazione sperimentale; ben inteso anche se questa possa farsi solo per mezzo di esperienze di esecuzione difficilissima, o anche praticamente impossibile, purché l'impossibilità sia tecnica e non teorica. Ora esistono alcune nozioni che sfuggono ad una precisazione rigorosa e che perciò, dal punto di vista della fisica moderna, debbono venire modificate, anche quando esse ci derivano dall'intuito comune. Così per esempio nella costruzione della nuova meccanica dell'atomo gli stessi concetti di posizione e di velocità hanno dovuto subire delle modificazioni essenziali. Le conseguenze di esse, come è naturale, diventano

(‘La fisica moderna’, in *Note e memorie*, volume I, (Roma 1961), 371 - 378, p. 372.

¹²⁰E. Fermi, ‘I fondamenti sperimentali della nuova meccanica atomica’, in *Note e memorie*, volume I, (Roma 1961), 361 - 370, p. 364; da: *Periodico di Matematiche*, (1930).

trascurabili per la meccanica dei corpi comuni, e conducono invece a risultati importanti quando si considerano sistemi di dimensioni piccolissime.¹²¹

Nella valutazione di queste posizioni epistemologiche bisogna tenere conto della giovane età dell'autore e del breve periodo (cinque anni) in cui esse vennero espresse. Si nota infatti un progressivo approfondimento dei temi ed una evoluzione delle posizioni chiaramente riconducibili alla acquisizione di una crescente padronanza delle problematiche fisiche trattate.¹²²

Il periodo americano (1939 - 1954) è scarso di articoli di divulgazione: bisogna attendere la fine di questo periodo per trovarne due esemplari. Il primo di questi è costituito dai testi (raccolti da diversi autori) delle conferenze tenute da Fermi in Italia nel 1949 sulla fisica atomica. Come al solito lucidi e rigorosi, essi contengono anche qualche riflessione di natura epistemologica, come quella suggerita dallo stato della elettrodinamica quantistica:

Può darsi invero che la fisica del fenomeno sia ancora così imperfettamente compresa che il tentativo di farne una matematica troppo dettagliata sia necessariamente destinato all'insuccesso; oppure può darsi che la matematica permetta di arrivare a capire quale sia la vera fisica del fenomeno. Questo non si può dire al momento presente.¹²³

Anche le conclusioni della relazione su invito svolta ad un simposio sulla fisica contemporanea a Chicago nel 1951, contengono riflessioni che ci riguardano:

E' difficile dire quale sarà il cammino futuro [della fisica del nucleo]. Ci si potrebbe affidare ai libri sul metodo (dubito

¹²¹E. Fermi, 'La fisica moderna', in *Note e memorie*, volume I, (Roma 1961), 371 - 378, p. 374; da: *Nuova Antologia*, (1930).

¹²²Gli articoli di divulgazione di Fermi sono assai pregevoli; in generale la chiarezza e la completezza concettuale di questi lavori traspare maggiormente quando gli argomenti trattati sono complessi e difficili.

¹²³E. Fermi, 'Conferenze di fisica atomica; sesta conferenza: Nuovi sviluppi della elettrodinamica quantistica' in *Note e memorie*, volume II, (Roma 1961), 744 - 755, p. 755.

che molti fisici abbiano questa abitudine), libri da cui impareremmo che dovremmo fare esperimenti, raccogliere dati sperimentali, organizzare dati sperimentali, formulare ipotesi di lavoro, cercare correlazioni, e così via, sinché alla fine una struttura [pattern] prende vita e non ci resta che coglierne i risultati. Forse il metodo scientifico tradizionale dei manuali potrebbe essere la guida migliore, in mancanza di qualcosa di meglio. . . Naturalmente, può darsi che qualcuno appaia presto con una soluzione del problema del mesone, e che i risultati sperimentali confermino così tanti dettagli della teoria che apparirà chiaro a chiunque che essa è la teoria corretta. Cose del genere sono successe in passato. Esse possono accadere ancora. Tuttavia, non penso che dovremmo farci conto; credo invece che dobbiamo prepararci ad un duro e lungo lavoro se vogliamo essere sicuri di avere la soluzione di questo problema alla prossima celebrazione dell'anniversario dell'American Institute of Physics.¹²⁴

Sulla base del quadro tracciato, dobbiamo concludere che l'interesse di Fermi per i problemi epistemologici e filosofici posti dalla fisica fu praticamente nullo; appare inoltre evidente che le opinioni espresse risentono dell'assenza di una riflessione originale.

¹²⁴E. Fermi, 'The nucleus', in *Note e memorie*, volume II, (Roma 1961), 829 - 834, p. 834; da: *Physics Today*, (1952).