

Pierluigi Barrotta – Eleonora Montuschi

(a cura di)

LA FILOSOFIA DELLA SCIENZA IN ITALIA



ARMANDO
EDITORE

Sommario

Premessa

Storia della Associazione “Nuova Civiltà delle Macchine” 7

**La filosofia della scienza: spunti di riflessione
disciplinare** 12

PIERLUIGI BARROTTA, ELEONORA MONTUSCHI

Filosofia della meccanica quantistica 28

VINCENZO FANO, GINO TAROZZI, ISABELLA TASSANI

Filosofia, meccanica quantistica e non-località 54

MAURO DORATO

Filosofia e teoria delle stringhe 72

ELENA CASTELLANI

Filosofia e teorie della probabilità 88

MARIA CARLA GALAVOTTI

Filosofia dell’informazione 112

MARCELLO D’AGOSTINO

Filosofia della biologia 136

ELENA GAGLIASSO

Filosofia della medicina	160
RAFFAELLA CAMPANER	
Filosofia della psicologia	179
SARA DELLANTONIO	
Filosofia dell'economia	203
FRANCESCO GUALA	
Filosofia delle decisioni razionali	226
GUSTAVO CEVOLANI	
Filosofia della tecnologia	265
ROBERTO GRONDA	
Filosofia delle scienze sociali	285
VINCENZO DI NUOSCIO, FRANCESCO DI IORIO	
Filosofia della scienza e bioetica	306
GIOVANNI BONIOLO	
Filosofia della scienza e sociologia della conoscenza scientifica	323
PIERLUIGI BARROTTA, ELEONORA MONTUSCHI	
<i>Note biografiche degli Autori</i>	345

La storia della Associazione “Nuova Civiltà delle Macchine”

ROBERTO CAMPORESI*

L’Associazione nasce nel 1987 con una mission dedicata alla divulgazione scientifica e alla riflessione su “Scienza e Umanesimo”, ovvero sull’unità del sapere. L’attività principale dell’Associazione è stata per molto tempo quella di affiancare e supportare l’attività della rivist

a Nuova Civiltà delle Macchine fondata nel 1983 da Francesco Barone (filosofo della scienza) e Francesco d’Arcais (giornalista), edita dai RAI-ERI a partire dal 1985 e pubblicata fino alla fine del 2012.

L’aggettivo “nuova” identifica un legame con l’esperienza della precedente rivista “Civiltà delle Macchine” ideata nel 1953 da Leonardo Sinisgalli in ambito Finmeccanica. In una fase di pieno miracolo economico l’eclettico Sinisgalli (ingegnere, poeta, pittore e... visionario assoluto) cerca di portare dentro la cultura d’impresa una riflessione che punta a far convergere sulla macchina (espressione del genio e dell’intelligenza dell’uomo), e sulla civiltà di cui la macchina è diventata protagonista, lo sguardo incrociato della scienza, della tecnologia, della filosofia e dell’arte. Dopo un primo ciclo 1953-1958 di direzione di Sinisgalli, dal 1958 al 1979 “Civiltà delle Macchine”, divenuta nel frattempo *house-organ* dell’IRI (Istituto per la Ricostruzione Industriale), è diretta da Francesco d’Arcais: sulle

* Presidente Associazione Nuova Civiltà delle Macchine.

sue pagine scienza e tecnica dialogano con le diverse espressioni della cultura umanistica, poesia, arti, filosofia; soprattutto filosofia. Nel 1979, con l'implosione dell'IRI, la rivista cessa le pubblicazioni.

Con riferimento a questa storia, nel 1983 nasce (con tutt'altre risorse) la nuova rivista la cui vita, per una serie di coincidenze uniche e irripetibili, incrocia strettamente la storia del territorio forlivese.

Di concerto con l'Amministrazione Provinciale, l'Amministrazione Comunale di Forlì promuove sul finire degli anni 70 / inizio 80 diverse iniziative connesse alle tematiche della filosofia della scienza. Paladino di queste iniziative è Igino Zavatti: laureato in filosofia con una tesi su Karl Popper, operatore del settore cultura del Comune di Forlì (in ambito biblioteca), che continua a coltivare in vari modi una passione post-laurea. In particolare la frequentazione di seminari romani sulla filosofia della scienza lo porta in contatto con un variegato mondo di filosofi e studiosi attenti a queste tematiche che vengono coinvolti in varie iniziative pubbliche organizzate dal Comune.

Così accade che il primo numero della nuova rivista, dal titolo "Kant e la scienza" pubblica gli atti di un seminario tenutosi a Forlì. La collaborazione prosegue nel tempo. Dopo i primi due anni, dal 1985 la direzione è assunta dal solo Francesco Barone. Dal 1985 l'editore diventa RAI-ERI. Dal 1987 nasce questa Associazione, voluta da vari soggetti della realtà forlivese e con il sostegno attivo del Comune di Forlì, con il compito specifico di affiancare l'attività della rivista.

Nel 1997 Il Comune di Forlì conferisce la cittadinanza onoraria a F. Barone. A seguire, il prof. Barone, in termini di riconoscenza alla città, cede, ad un prezzo simbolico, la titolarità della rivista alla Associazione.

Dal 1997, la direzione scientifica si allarga ed è assunta da un comitato in cui F. Barone è affiancato da: Dario Antiseri, Umberto Bottazzini, Vittorio Marchis, Silvano Tagliagambe.

Ogni numero della rivista, che esce con una cadenza trimestrale abbastanza regolare, è normalmente dedicato ad una specifica tematica. I numeri della rivista si alimentano principalmente con i materiali degli incontri – convegni – seminari pensati ed elaborati attraverso una attività culturale promossa congiuntamente con l’Associazione Nuova Civiltà delle Macchine e sostenuta in primo luogo dal Comune di Forlì. La vita della rivista e della Associazione si dipana tra momenti di forte entusiasmo e momenti critici. In particolare, dopo il 2006, a partire da un problema di difficoltà finanziarie, si apre una fase di criticità, di tensioni interne e di divaricazione tra i diversi soggetti che erano ingaggiati in questa sfida. In particolare, alcuni soci danno vita ad una nuova associazione denominata “Francesco Barone”. In una situazione di risorse pubbliche calanti, RAI- ERI dopo aver svolto un ruolo di puro editore, alla fine del 2009, riconduce a se anche quello del coordinamento editoriale. Tale operazione porta alla identificazione di un nuovo direttore editoriale e ad una soppressione del comitato di redazione della rivista che era costituito da persone basate a Forlì. Poi, nell’ambito della spending review della RAI, alla fine del 2012 viene sospesa la pubblicazione della rivista.

Ci resta un patrimonio accumulato nel tempo costituito dai 97 numeri della rivista.

Vale la pena segnalare che l’Associazione ha recentemente realizzato la digitalizzazione di tutto questo patrimonio ed oggi è possibile consultare tutti i numeri della rivista accedendo al sito www.nuovaciviltadellemacchine.it.

Con il 2010 inizia una nuova fase del ciclo di vita l’Associazione e l’attività si focalizza su iniziative più mirate al mondo della scuola e delle giovani generazioni.

Con l’avvicendamento dei Presidenti dell’Associazione, dal 2014 lo spettro delle attività si allarga al mondo delle imprese (nel recupero dello spirito di Sinisgalli) con la realizzazione di

alcune iniziative miranti a “riconnettere cultura scientifica e cultura umanistica nell’ambito della cultura d’impresa”.

Nel 2017, in corrispondenza del 30° della Associazione Nuova Civiltà delle Macchine si è avviato un percorso di avvicinamento delle 2 associazioni e lo sviluppo della collaborazione ad iniziative comuni ha portato ad identificare un percorso di unificazione. Nel 2018 l’associazione Francesco Barone ha cessato le attività e i soci che desideravano farlo sono si sono iscritti alla Associazione Nuova Civiltà delle Macchine.

Il 2018 ha visto una ripresa di iniziative di rango nazionale con la realizzazione di 2 importanti eventi:

- il seminario sul tema: “Lo stato della filosofia della scienza in Italia, oggi”.
- il convegno: “Il futuro della tecnica. Il futuro del lavoro”.

Il perchè del sostegno a questa collana di quaderni dedicati alla memoria di Francesco Barone

Il seminario su “lo stato della filosofia della scienza in Italia, oggi”, ha visto convergere su Forlì un numero consistente di protagonisti italiani del contemporaneo dibattito in filosofia della scienza, che hanno svolto ricerche specialistiche nei più svariati campi scientifici – dalla fisica alla psicologia, alla teoria della probabilità, alla medicina, alla bioetica, alla teoria della decisione, all’economia e le scienze sociali. Ciascuno di loro ha illustrato, con un linguaggio accessibile, il punto delle ricerche nel proprio campo di studio, evidenziando in quale modo i problemi di campo si relazionano sia con i più tradizionali problemi filosofici sia, più in generale, con i problemi discussi attualmente dalla filosofia della scienza in un quadro internazionale.

L’iniziativa ha segnato la ripresa dei seminari che si tenevano a Forlì e che costituivano i luoghi di produzione dei

materiali che venivano poi pubblicati dalla Rivista Nuova Civiltà delle Macchine. Essendo cessata la pubblicazione della rivista, si ritiene che la pubblicazione di questo quaderno, contenente le relazioni del seminario, nell'ambito di una collana dedicata a Francesco Barone sia un modo per mantenere viva la sua figura e la storia della rivista da lui fondata e diretta.

Al professor Pierluigi Barrotta, alla professoressa Eleonora Montuschi e a tutti i relatori coinvolti va il nostro sentito ringraziamento per l'impegno profuso per l'organizzazione e la realizzazione del seminario.

Sulla base delle risultanze di questa ripresa di iniziativa è nostra intenzione confermare questa linea di attività seminariale e tenere viva la pubblicazione della collana dei quaderni proseguendo la proficua collaborazione con il professor Pierluigi Barrotta e con il Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere dell'Università di Pisa.

La nostra riconoscenza va inoltre al Campus di Forlì della Università di Bologna e al Comune di Forlì per il patrocinio concesso.

La filosofia della scienza: spunti di riflessione disciplinare

PIERLUIGI BARROTTA, ELEONORA MONTUSCHI*

1. Introduzione

La filosofia della scienza, ma più in generale la filosofia stessa, hanno da sempre avuto il compito di gettare un ponte tra la cultura scientifica e la cultura umanistica. Questo compito viene assolto, ad esempio, studiando i fondamenti della scienza e della tecnologia (pretese di verità e di efficacia, caratteristiche generali del metodo da loro seguito, demarcazione con le pseudo-scienze, ecc.), ma anche esaminando la connessione tra progresso scientifico e tecnologico, da una parte, e progresso sociale e civile, dall'altra – connessione che è, non solo da oggi, oggetto di vivaci polemiche tra coloro che vedono una inevitabile relazione tra le due forme di progresso e coloro che propendono per letture critiche, e in certi casi addirittura apocalittiche, di questa connessione. Questo ruolo caratteristico della filosofia della scienza è stato riconosciuto anche nei *curricula* scolastici e risulta un momento importante nella formazione dello studente. Con ciò, la scienza viene vista essa stessa come un fenomeno culturale, che ha ben precise origini storiche e svolge un ruolo sempre più rilevante nella società contemporanea.

* I due autori hanno ugualmente contribuito alla stesura di questo saggio.

Tuttavia, negli ultimi decenni si è notato un fenomeno che non si concilia facilmente con il ruolo che abbiamo appena richiamato per la filosofia della scienza. Ci riferiamo al fenomeno di crescente *frammentazione* che ha investito la disciplina. Le riflessioni sulla conoscenza scientifica in generale non sono certamente scomparse, ma hanno progressivamente ceduto il passo alle cosiddette “filosofie di...” (filosofia della fisica, della medicina, della biologia, dell’economia, ecc.) con una progressiva specializzazione delle analisi offerte dai filosofi *delle scienze* (delle diverse scienze). Si tratta di un fenomeno che ha aspetti positivi, che vanno sicuramente riconosciuti: il filosofo si misura da specialista su problemi effettivamente sollevati all’interno di campi altrettanto specifici. Tuttavia, si tratta anche di un fenomeno che fa per altri aspetti riflettere. Per esempio, è innegabile come la scienza contemporanea proceda sempre più non per compartimenti stagni, ma asseconi – per ragioni sia di progresso teorico che per ragioni di utilizzo pratico – la nascita e la crescita di ambiti di lavoro interdisciplinari. Dunque, frammentazione e riconciliazione diventano i due lati di una metaforica cerniera difficili da allineare. Ricerche di natura geologica che si avvalgono parimenti dei contributi della fisica, della chimica, della biologia; o campi di lavoro “ibridi” come la medicina nucleare, l’ingegneria genetica, la bioetica, ecc. ci restituiscono un’immagine di scienza al tempo stesso specialistica e compositiva. Tutto questo ha creato ulteriori problemi per i filosofi della scienza, che si trovano a doversi immaginare non solo specialisti di una scienza ma spesso anche di più campi scientifico-disciplinari – col problema aggiunto di riflettere su come diverse scienze possano, di fatto e in linea di principio, conversare fra loro. Il problema del pluralismo metodologico (ed epistemologico) si fa strada anche in parte in risposta alle nuove sfide lanciate dalla scienza.

La filosofia della scienza si trova dunque oggi su un crinale per certi aspetti scomodo. Da un lato, si è arrivati ad un punto in cui gli stessi filosofi della scienza cominciano ad avere difficoltà a comunicare tra di loro. Anziché superare l'eccessiva (secondo alcuni) specializzazione dei saperi scientifici, la filosofia della scienza tende a riprodurli al suo interno. In questo modo viene inevitabilmente meno la funzione di gettare un ponte tra la cultura umanistica e la cultura scientifica intese nel loro senso più generale e onnicomprensivo. Dall'altro lato, la combinazione di discipline scientifiche diverse all'interno della scienza decide per il filosofo su quale ambito di specializzazione impegnare le proprie analisi, imponendo ad esso suddivisioni ontologiche e composizioni di sapere decise altrove.

In questo saggio di apertura cercheremo di ripescare le radici filosofiche del passaggio dall'unificazione alla frammentazione della riflessione filosofica sulla scienza, di presentare – seppure in modo schematico – i principali indirizzi di analisi e di lavoro della filosofia della scienza in ambito contemporaneo, e infine di collocare la presenza della filosofia della scienza italiana all'interno del dibattito contemporaneo in quadro internazionale.

2. Unità, unificazione, frammentazione, pluralismo

Nell'area della filosofia della scienza si sono fatti per lungo tempo i conti con una prospettiva dominante, ovvero una prospettiva che ha tradotto la visione filosofico-epistemologica dell'assolutismo in una tesi nota nella letteratura come tesi dell'unità della scienza¹.

¹ Tesi, come accenneremo sotto, largamente discussa nel circolo di Vienna e più in generale dal positivismo logico. Sulle origini storiche della tesi cfr. Jordi Catt, *The Unity of Science*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2017 Edition), Edward N. Zalta, a cura di, URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/scientific-unity/>>

Questa tesi si rifà ad un'idea di unità non nuova – di cui si comincia in realtà a parlare addirittura con i pre-socratici. Si andava anche allora alla ricerca dell'unica sostanza di cui era fatto il mondo – l'essere di Parmenide, il divenire di Eraclito, gli atomi di Democrito, i numeri di Pitagora, e ancora le forme di Platone, o le categorie di Aristotele. Parimenti la conoscenza era considerata una – anche se si riconosceva che a seconda dei campi di applicazione questa prendeva un nome speciale, e a sua volta una forma altrettanto speciale.

Con l'avvento del cristianesimo la conoscenza viene a riflettere l'idea di un mondo governato da leggi dettate dal Creatore. Il libro della natura scritto in linguaggio universale (quello appunto delle leggi naturali promulgate da Dio) fornisce il manuale della unificazione della conoscenza dai filosofi naturali per arrivare fino a Kant (anche se, come è noto, per Kant l'unità non riflette ciò che esiste in natura ma la natura unificante dei nostri concetti, delle nostre categorie, della ragione stessa).

L'immagine perfetta dell'unificazione è quella dell'orologio (meccanicismo). Perfino Einstein era un profondo estimatore dell'unificazione. Lo testimonia la sua costante ricerca di una teoria che unificasse tutte le conoscenze scientifiche (l'equazione perfetta). Ma sia Einstein (e con lui i grandi scienziati del primo novecento: Mach, Plank, Hilbert ecc.) sia i filosofi cosiddetti "empiristi logici" (di cui parleremo fra un momento) crescono in un milieu profondamente influenzato dall'ideale dell'unità/unificazione. Il chimico William Ostwald dichiara che il 20esimo secolo è il "secolo del monismo", e insieme ad altri scienziati di grido – Boltzman, Rutherford, Poincare, ecc. – viene invitato nel 1904 al Congresso di Arti e Scienze, momento culmine della Esposizione Universale che si tenne in quell'anno a Saint-Louis, Missouri, dedicato appunto al tema dell'unità del sapere. Nel 1911 Ostwald stesso organizza il primo meeting della "Commissione Internazionale del Monismo". Nel 1912 Mach, Einstein e

Hilbert firmano un manifesto che raccomanda lo sviluppo di una “costruzione unitaria della conoscenza del mondo”².

Gli empiristi logici – quella corrente di filosofi del primo novecento che cerca di coniugare il rispetto per il ruolo fondativo dell’esperienza nell’acquisizione della conoscenza con l’idea del rigore logico-linguistico che consente di trasformare l’esperienza in uno strumento appunto rigoroso ed analiticamente preciso nel raggiungimento della conoscenza – sottoscrivono questa credenza allargata nell’unificazione. Essi vedono per questo nella scienza l’unica forma possibile di conoscenza: una conoscenza che si avvale della base empirica come suo banco di prova, e della logica e del linguaggio come strumenti rigorosi di organizzazione delle conoscenze³.

Le idee di unificazione della scienza trovarono espressione in un progetto editoriale, diretto da alcuni protagonisti di questa tradizione filosofica (Carnap, Neurath e Morris), denominato *International Encyclopedia of Unified Science* – un progetto che rimase incompiuto soprattutto in quanto i suoi diversi partecipanti cominciarono a maturare diverse idee di unificazione.

Fondamentalmente si vennero a profilare due principali modelli di unificazione. Da un lato il modello di Carnap, basato sull’idea di sistema costitutivo. Nel suo testo *La Costruzione Logica del Mondo* (*Der logische Aufbau der Welt*, 1928), Carnap raccomanda la costruzione di un sistema logico-conoscitivo di oggetti o concetti, il *sistema di costituzione* (§1) – e si intende qui di tutti i concetti della scienza, vista come unificata,

² Negli anni 20 proliferano libri sul tema. Per esempio, il botanico Leclerc du Sablon scrive *L’Unité de la Science* (1919), una esplorazione dei fondamenti metafisici del monismo. Lo zoologo norvegese Johan Hjorst, in *The Unity of Science* (1920), raccoglie diverse ipotesi storiche dell’unificazione della scienza.

³ Per questo, incidentalmente, gli empiristi logici considerano il *Tractatus* di Wittgenstein come testo di riferimento fondamentale – appunto in quanto in questo testo la scienza appare come unica forma di conoscenza del mondo e il linguaggio assume la funzione di raffigurarlo, negando ogni valenza conoscitiva alla metafisica – definita da Wittgenstein discorso insensato e, sulla sua scia, dai neopositivisti pseudo-conoscenza.

dato il fatto che esiste un unico campo di oggetti (§4) – in cui i concetti in questione siano derivati (*costituiti*) da certi concetti fondamentali in modo che, in questa struttura, pari a un albero genealogico dei concetti, ognuno di essi trovi il suo posto determinato.

Quindi l'immagine portante di questo modello è sostanzialmente quella dell'albero genealogico, e la prospettiva unificante qui perseguita è fortemente riduzionistica. Esiste un “nocciolo duro” di concetti base (i concetti elementari dell'esperienza fisica) da cui tutti gli altri possono essere derivati. O viceversa, concetti o oggetti complessi possono essere ridotti – utilizzando appropriate regole di riduzione – ai loro costituenti di base. Analogamente, l'idea di unità della scienza si rappresenta qui come una sorta di unità gerarchica: le leggi e i concetti di ciascun dominio scientifico sono riducibili a quelli di domini più fondamentali fino a che si arriva alla fisica (la scienza più fondamentale di tutte)⁴.

Neurath ha invece un'idea diversa di unità, maggiormente in continuità con l'idea appunto del modello di “enciclopedia”. Tutte le scienze sono ancorate allo stesso mondo materiale, e condividono un linguaggio di eventi spazio-temporali (fisicalismo). Ma, ci dice Neurath, oltre a questo non c'è altro. Non c'è un sistema che raccoglie questi eventi e le loro rappresentazioni in relazioni fisse, sistematiche – come idealizzava Carnap: «“Il” sistema è la grande bugia scientifica», scrive Neurath in *The Unity of Science as Task*⁵. Ogni scienza è libera di svilupparsi, i suoi confini sono flessibili, e le occasioni di cooperazione fra scienze sono congiunturali, ovvero dipendono dai differenti

⁴ Qui un'altra immagine che ci viene in mente è quella della piramide. (cfr N. Cartwright, *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge, CUP, 1999, p. 7)

⁵ O. Neurath, *Einheit der Wissenschaft als Aufgabe*, Erkenntnis 5 (1935), trad. inglese *The Unity of Science as Task* in M. Neurath et al. *Philosophical Papers 1913-46*, Dordrecht, Reidel, 1983, p. 116.

problemi che si pongono all'attenzione degli scienziati⁶. A Neurath piaceva usare espressioni come “mosaico”, “aggregazione”, “orchestrazione interdisciplinare”, sistema “bottom up” (invece che sistema “top down”), e anche la parola “pluralista” quando si riferiva all'immagine della scienza offerta dal modello dell'enciclopedia. Non a caso filosofi pluralisti contemporanei come per esempio N. Cartwright si richiamano profondamente alla lezione di Neurath.

Indipendentemente dalle sue coniugazioni, la prospettiva unificazionista ha comunque continuato a regnare pressoché incontrastata fino alla fine degli anni 50 del secolo scorso – ovvero fino a che si continuò ad insistere su un approccio logico sintattico delle teorie scientifiche, sul riconoscimento della fisica come paradigma di scienza e sull'uso delle leggi fisiche come unità paradigmatiche della conoscenza scientifica. Con gli anni 1960 invece comincia ad imporsi un cambiamento radicale di tendenza – ovvero assistiamo all'imporsi di un approccio semantico delle teorie (quindi attenzione ai contenuti non sempre e solo empirici delle medesime, e meno attenzione ai loro aspetti logico formali); e di un nuovo interesse per la varietà delle forme di esistenza dei referenti scientifici congiunta all'incapacità da parte di strutture formali rigide di descrivere in modo adeguato tale varietà di modi d'essere del reale.

Assistiamo anche ad un nuovo interesse per la storia e la pratica della scienza, ovvero il riconoscimento che i contenuti delle teorie cambiano a seconda degli usi e dello stadio di sviluppo delle scienze di cui fanno parte; e ad un altrettanto nuovo interesse alla specificità dei problemi e dei temi emergenti dalle diverse scienze, per cui la fisica non poteva più ergersi automaticamente a unico modello di scienza da imitare e a cui rifarsi

⁶ Lo stesso linguaggio di unificazione non comprende solo termini precisi, rigorosi, ma anche imprecisioni, incompletezze, indeterminatezze proprie dei linguaggi ordinari (quella della scienza come ‘lingua franca’ era per Neurath un'altra idealizzazione di Carnap; il linguaggio scientifico è un misto di linguaggio fiscalista e linguaggio ordinario).

per cercare i fondamenti di tutte le altre scienze – e in tal modo anche il riduzionismo cominciò ad essere messo in discussione.

A margine di questi cambiamenti importanti di tendenza cominciarono così a prender forma critiche più o meno radicali al progetto unificazionista e all'idea stessa di unità della scienza, che portarono da un lato ad insistere sulla natura essenzialmente disomogenea, e complessa, dei referenti ontologici delle teorie scientifiche, e dall'altro a promuovere il valore della pluralità dei metodi e degli approcci per rapportarsi a tale disomogeneità.

Come reazione ad un certo modo di guardare alla scienza (e di fare filosofia della scienza) ci si apre dunque a forme di pluralismo scientifico come approccio alternativo nei confronti sia della scienza che della ricostruzione epistemologica della medesima. Si sono così venute sviluppando analisi specifiche per esempio sullo statuto delle leggi scientifiche, sui livelli della selezione in biologia, sulle interpretazioni della meccanica quantistica, sui modelli di conoscenza della ricerca multidisciplinare condotti dai cosiddetti *science studies*⁷.

Dunque, la frammentazione che caratterizza oggi lo stato dell'arte della disciplina eredita alcuni orientamenti epistemologici del pluralismo in combinazione con gli sviluppi tecnicistici e specialistici (anche sotto la spinta delle rapide e rivoluzionarie conquiste tecnologiche) proprie della scienza contemporanea. Come tale, non deve apparire come fonte di preoccupazione per la disciplina, ma un'occasione per un suo ripensamento fecondo.

⁷ Cfr. per es. N. Cartwright, *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, cit.; R. Dawkins, *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976; J. T. Cushing, *Quantum Mechanics: Historical Contingency and the Copenhagen Hegemony*, Chicago, The University of Chicago Press, 1994. Si veda anche la vasta letteratura sugli approcci interdisciplinari alla scienza, per es. J. Thompson Klein, *Crossing Boundaries: Knowledge, Disciplinarity, and Interdisciplinarity*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1996.

3. Le diverse anime della filosofia della scienza contemporanea

Possiamo identificare tre principali linee di sviluppo per la filosofia della scienza contemporanea⁸.

La prima consiste nel suo ruolo più tradizionale (quello a cui ci ha abituato la filosofia analitica, innestata almeno in origine sul tronco unificazionista di cui abbiamo parlato nella sezione precedente e poi frammentata sulle specifiche aree di produzione della conoscenza scientifica), ovvero lo studio del ragionamento scientifico e dei fondamenti della scienza e della tecnologia (questioni di metodo o metodi, di spiegazione, di giustificazione delle ipotesi scientifiche, di ruolo delle leggi scientifiche e dei modelli, ecc.).

Una seconda linea vede la filosofia della scienza come una disciplina contigua alla scienza (almeno la scienza teorica). Questa è l'area che il filosofo della scienza Hasok Chang ha chiamato "the continuation of science by other means"⁹. In questo ambito scienziati, filosofi (e storici) della scienza collaborano intellettualmente per la produzione e la crescita della conoscenza scientifica. Si tratta di una collaborazione che può generare conoscenza scientifica in almeno due modi: da un lato recuperando linee di ricerca dimenticate o abbandonate, o riaprendo percorsi conoscitivi bloccati; dall'altro lato, applicando lo "scalpello" filosofico al discorso scientifico, che spesso si presenta opaco, ambiguo, di difficile comprensione.

Questa linea ha dato buoni risultati nella fisica fondamentale (per esempio, quanto al ruolo dello spazio assoluto nella

⁸ Cfr. M. Pigliucci, *The Future of Philosophy of Science*, in Pigliucci, *Rationally Speaking: an archived blog about science & philosophy*, April 14, 2010
<http://rationallyspeaking.blogspot.com/2010/04/future-of-philosophy-of-science.html>

⁹ "Complementary Science—History and Philosophy of Science as a Continuation of Science by Other Means": così Chang ha intitolato l'ultimo capitolo del suo *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*, Oxford, OUP, 2004.

dinamica newtoniana, la realtà dell'etere elettromagnetico, o il problema che A.S. Eddington chiamò “la freccia del tempo”); o nella biologia evolutiva (per esempio, il lavoro di S. Okasha sui livelli della selezione biologica e la discussione della matematica e della teoria sottese alla selezione di gruppo)¹⁰.

Una terza linea consiste in un ambito a largo spettro che potremmo chiamare *science criticism* – un ambito che comprende da un lato diverse generazioni di sociologi della conoscenza, costruttivisti, post-modernisti, e dall'altro coloro che si pensano come difensori critici della scienza e sostenitori del possibile utilizzo della scienza nel dibattito pubblico. Qui la scienza viene vista non tanto dal punto di vista del suo valore intrinseco quanto come fornitrice di risposte a questioni pratiche (da come curare certi tipi di malattie a come annientare intere città), mostrando anche il suo potenziale etico – nel bene e nel male.

Questo, del resto, è uno dei motivi per cui la società investe sulla scienza. La scienza ha un impatto sulle nostre vite, e noi dipendiamo spesso dalla scienza quando ci troviamo a ridosso di scelte che riguardano il nostro benessere e la nostra sopravvivenza. Ci aspettiamo effetti di ritorno dalla scienza. Tuttavia, gli scienziati non sono i soli guardiani degli immensi investimenti sociali sulla scienza, né i decisori primi dell'utilizzo dei risultati della loro ricerca. Sono le istituzioni politiche e le grandi corporazioni ad avere indubbiamente il potere di indirizzare la ricerca nella pratica, ma quello che serve, e che spesso manca, in questo complesso bandolo di conoscenza e di potere, è una comprensione dei risvolti teorici, etici e sociali dei processi di acquisizione della conoscenza scientifica, dei risultati perseguiti per suo tramite e degli usi pratici dei medesimi. Qui i filosofi della scienza possono trovare un punto di collaborazione con gli scienziati, come pure con gli esperti di politica e policy. Ed

¹⁰ Eddington, A., *The Philosophy of Physical Science*, CUP, Cambridge, 1939; Okasha, S., *Evolution and the Levels of Selection*, OUP, Oxford 2006.

è questa possibilità che ha interessato filosofi della scienza di acclamata fama (P. Kitcher, e N. Cartwright, per citarne solo due), aprendo in tal modo una nuova linea di lavoro e di indagine per la filosofia della scienza. Come è stato suggerito: «c'è ora bisogno che i filosofi diventino *partecipanti* attivi nei dibattiti contemporanei su problemi di policy, e che lavorino a livello progettuale con scienziati, ingegneri, policy-makers, agenzie pubbliche, e gruppi comunitari. I filosofi devono varcare la porta dei loro studi, e lavorare sul campo»¹¹

Questo cambiamento è andato di pari passo con un cambiamento più generale che ha investito la filosofia (anche nel mondo anglosassone). Per esempio, è interessante vedere come, all'atto di fondazione della *American Philosophical Association* (APA) nel 1901, venne individuato un numero di ruoli per il filosofo del XX secolo: formalisti, sintetizzatori di conoscenza accademica, specialisti disciplinari (filosofi morali, epistemologi, metafisici, ecc.), un tipo di filosofi sociali¹².

Questa consapevolezza di ruoli alternativi, tuttavia, non innescò una discussione specifica sulle possibilità e opzioni aperte alla filosofia durante il secolo. Ciò che accadde invece fu un trionfo (almeno nel mondo anglosassone) dei formalisti, che occuparono interamente la scena per il resto del secolo.

Ma in particolare col XXI secolo questa scena è cambiata. La filosofia è sempre più chiamata in campo per riflettere sulle grandi sfide del nostro tempo (cambiamento climatico, povertà, ecc.). E questo richiede ai filosofi lo sforzo di mettersi in gioco attraverso l'uso di linguaggi "trasversali", in grado di conversare con diverse forme di expertise. Richiede anche una riflessione articolata su come usare la conoscenza – e per il filosofo della scienza in particolare, una analisi degli usi e scopi della cono-

¹¹ R. Frodeman, *Experiments in field philosophy*, in «New York Times» op-ed, part of the stone series 2010. Accessed November 23, 2010; from <http://opinionator.blogs.nytimes.com/2010/11/23/experiments-in-field-philosophy/>

¹² R. Frodeman, *Philosophy dedisciplined*, in «Synthese», 2013 190 (11), pp. 1923-24.

scienza scientifica (a cui si aggiunge necessariamente riflessione anche sugli strumenti di comunicazione di questa conoscenza)¹³.

4. Filosofia della scienza: modello anglofono, modello europeo

La rivista *International Studies in the Philosophy of Science* ha pubblicato di recente gli Atti di un simposio di qualche anno fa dedicato alla supposta esistenza di una specifica filosofia della scienza europea¹⁴. Il termine di confronto dei vari contributi in questa discussione è la filosofia della scienza di tradizione analitica, in certi interventi definita addirittura filosofia della scienza “in senso stretto”. Per riassumerlo in poche battute, si tratta di un modello che, con le debite eccezioni, ha tradizionalmente e per lungo tempo escluso le scienze umane/sociali, marginalizzato la tecnologia e le scienze applicate come l’ingegneria, accantonato le questioni morali, sociali e politiche, e intrattenuto un rapporto contrastato e mai sostanzialmente risolto con la storia.

La controparte europea – se di controparte si può parlare – dimostra invece, ci viene suggerito, una maggiore inclusività¹⁵. Questo è in parte dovuto ad una idea culturalmente più allargata di scienza, che l’ha resa per esempio più recettiva rispetto alle scienze sociali, in parte ad una apertura strutturale, quasi endogena, alla storia e alla storicità della conoscenza, ed infine ad un atteggiamento in generale più pluralistico e più aperto al confronto fra approcci e stili disciplinari. Per esempio, in uno dei

¹³ Si veda per esempio l’ambito di ricerca che riguarda la comunicazione dei rischi relativi all’utilizzo di determinate conoscenze scientifiche (spesso valutati in contesti di radicale incertezza). Cfr per es. G. Gigerenzer, *Quando i numeri ingannano. Imparare a vivere con l’incertezza*, trad. it., Milano, Cortina Raffaello, 2003; e H. Douglas, H., *Science Policy and the Value-Free Ideal*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 2009.

¹⁴ Cfr. *International Studies in the Philosophy of Science*, 29 (2) 2015, Symposium.

¹⁵ H. Radder, *How Inclusive Is European Philosophy of Science?*, in «International Studies in the Philosophy of Science», 29 (2) 2015.

contributi si identifica come tipicamente europea (nel senso che non avrebbe potuto emergere altrove) la ben nota controversia metodologica fra *Erklaren* e *Verstehen*¹⁶.

Ci si può chiedere se alcuni di questi tratti o di queste specificità si dimostrino rilevanti anche per il caso italiano – o meglio, sembra legittimo interrogarsi se la filosofia della scienza italiana si venga a identificare con questo panorama europeo, e/o fino a che punto si senta parte di questo processo di configurazione identitaria della disciplina¹⁷. D’altro canto, si potrebbe obiettare che questa supposta geograficalizzazione dei saperi sia tutto sommato una mossa obsoleta e priva di senso, vista la permeabilità contemporanea dei saperi e delle loro pratiche sottolineata innanzi, o se addirittura non possa divenire controproducente, finendo col ricreare distinzioni e dicotomie antagonistiche – tipo quella di analitico/continentale – che fanno solo da barriera ad una vera e produttiva crescita congiunta della conoscenza e dei saperi.

Forse l’idea su cui lavorare è quella della convergenza. Un approccio storico, per esempio, non deve di necessità estromettere l’analisi logica. Lo dimostra per esempio il modo in cui I. Hacking interpreta e pratica la cosiddetta “epistemologia storica” di chiara tradizione francese¹⁸: un modo che va

¹⁶ Il riferimento è alla nota dicotomia nata in seno allo storicismo tedesco e sviluppata da Windelband e Rickert, e poi rielaborata da Weber, che riguarda i diversi (e incompatibili) approcci metodologici delle cosiddette scienze nomotetiche e scienze ideografiche. Cfr. W. J. Gonzalez, *From the Characterization of ‘European Philosophy of Science’ to the Case of Philosophy of the Social Sciences*, in «International Studies in the Philosophy of Science», 29 (2) 2015. pp.173 segg.

¹⁷ Per il percorso culturale che ha condotto alla nascita della filosofia della scienza in Italia, rimandiamo a M. Pera, *Dal neopositivismo alla filosofia della scienza*, in AA.VV. *La filosofia italiana dal dopoguerra a oggi*, Roma-Bari, Laterza, 1985, pp. 95-173. Non mancano panoramiche alle attività dei filosofi della scienza italiani. Solo a titolo di esempio, si vedano AA.VV. *La filosofia della scienza in Italia nel ‘900*, a cura di E. Agazzi, Milano, FrancoAngeli, 1986; P. Barrotta, *Contemporary Philosophy of Science in Italy: An Overview*, in «Journal for General Philosophy of Science», n. 29-2, 1998, pp. 327-45; P. Parrini, *Epistemologia, filosofia del linguaggio e analisi filosofica*, in *La filosofia italiana in discussione*, a cura di F. P. Firrao, Milano, Bruno Mondadori 2001, pp. 45-88.

¹⁸ Cfr. A. Brenner, A. *Is There a Cultural Barrier Between Historical Epistemology and Analytic Philosophy of Science?*, in «International Studies in the Philosophy of Science», 29 (2) 2015.

al di là dell'approccio puramente formale (su cui Hacking si è formato) ma che al tempo stesso riflette e ci fa riflettere su attributi come l'accuratezza, la precisione, il rigore, ecc. che, ci viene rammentato, pur tipici di quell'approccio non sono standard fissi, da interpretare in maniera univoca in un mondo ideale scolpito dalla logica. Diacronicizzare e contestualizzare il pensiero formale dà a quest'ultimo una marcia in più, non in meno. Oppure, pensare che l'applicare analisi accurate, rigorose, analitiche ai concetti usati per descrivere il mondo sociale sia quasi una impossibilità di principio è un modo limitato e limitante di percepire sia il mondo sociale che le risorse di descrizione dello stesso metodo analitico. E di fatto i filosofi delle scienze sociali di ultima generazione hanno imparato a confrontarsi analiticamente con concetti intrinsecamente complessi, vaghi e dai confini mobili come quelli di razza, guerra civile, felicità – per citarne solo alcuni¹⁹.

Naturalmente perché tutto questo sia possibile si richiede un dialogo, e degli attori disposti a condurlo. Nei contributi raccolti in questo volume si persegue appunto questo obiettivo: l'ecletticità degli argomenti, degli ambiti e stili di riflessione degli interventi è immaginata come uno strumento non di separazione, o di frammentazione fini e se stesse, ma di costruzione a più voci di una disciplina che dimostra grandi potenzialità di ripensamento e di rilancio della propria identità, alla luce delle molteplici sfide del mondo in cui viviamo.

Bibliografia

AA.VV. *La filosofia della scienza in Italia nel '900*, a cura di E. Agazzi, Milano, FrancoAngeli, 1986.

¹⁹ Cfr. N. Cartwright, N. e E. Montuschi., *Philosophy of Social Science, A New Introduction*, Oxford, OUP, 2014, *Introduction*.

- Barrotta P., *Contemporary Philosophy of Science in Italy: An Overview*, in «Journal for General Philosophy of Science», n. 29-2, 1998, pp. 327-45.
- Brenner, A. *Is There a Cultural Barrier Between Historical Epistemology and Analytic Philosophy of Science?*, in «International Studies in the Philosophy of Science», 29 (2) 2015.
- Cartwright N., *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge, CUP, 1999.
- Cartwright N. e Montuschi E., *Philosophy of Social Science, A New Introduction*, OUP, Oxford 2014, *Introduction*.
- Cat J., *The Unity of Science*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/scientific-unity/>>
- Chang H., *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*, Oxford, OUP, 2004.
- Cushing J.T., *Quantum Mechanics: Historical Contingency and the Copenhagen Hegemony*, Chicago, The University of Chicago Press, 1994.
- Dawkins R., *The Selfish Gene*. Oxford, OUP, 1976.
- Douglas H., *Science Policy and the Value-Free Ideal*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 2009.
- Eddington A., *The Philosophy of Physical Science*, Cambridge, CUP, 1939.
- Okasha S., *Evolution and the Levels of Selection*, Oxford. OUP, 2006.
- Frodeman R., *Experiments in field philosophy*, in «New York Times» op-ed, part of the stone series 2010. Accessed November 23, 2010; da <http://opinionator.blogs.nytimes.com/2010/11/23/experiments-in-field-philosophy/>
- Frodeman R., *Philosophy dedisciplined*, in «Synthese», 2013 190 (11), pp.1923-24.
- Gigerenzer G., *Quando i numeri ingannano. Imparare a vivere con l'incertezza*, trad it Milano, Cortina Raffaello, 2003.

- Gonzalez W.J., *From the Characterization of 'European Philosophy of Science' to the Case of Philosophy of the Social Sciences*, in «International Studies in the Philosophy of Science», 29 (2) 2015. pp.173 segg.
<http://rationallyspeaking.blogspot.com/2010/04/future-of-philosophy-of-science.html>
- Neurath, O., *Einheit der Wissenschaft als Aufgabe*, in «Erkenntnis», 5 (1935), trad. inglese *The Unity of Science as Task* in M. Neurath et al. *Philosophical Papers 1913-46* Dordrecht, Reidel, 1983, p. 116.
- Parrini P., *Epistemologia, filosofia del linguaggio e analisi filosofica*, in *La filosofia italiana in discussione*, a cura di F. P. Firrao, Milano, Bruno Mondadori 2001, pp. 45-88.
- Pera M., *Dal neopositivismo alla filosofia della scienza*, in AA.VV. *La filosofia italiana dal dopoguerra a oggi*, Roma-Bari, Laterza, 1985, pp. 95-173.
- Pigliucci, M., *The Future of Philosophy of Science*, in Pigliucci, *Rationally Speaking: an archived blog about science & philosophy*, April 14, 2010.
- Radder, H., *How Inclusive Is European Philosophy of Science?*, in «International Studies in the Philosophy of Science», 29 (2) 2015.
- Thompson Klein J., *Crossing Boundaries: Knowledge, Disciplinarity, and Interdisciplinarity*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1996.

Filosofia della meccanica quantistica

VINCENZO FANO, GINO TAROZZI, ISABELLA TASSANI

1. La reazione contro la filosofia della fisica neoidealista¹

In Italia, il dibattito sui fondamenti della meccanica quantistica e la discussione sui problemi concettuali di questa teoria sono iniziati in tempi relativamente recenti, a partire dalla fine degli anni Sessanta. La ragione principale di questo ritardo può essere attribuita al clima ideologico creato dalla filosofia neoidealista che aveva dominato la cultura italiana per tutta la prima metà del Novecento.

L'influenza fortemente negativa dell'idealismo sulla ricerca nell'ambito della metodologia e della filosofia della scienza è stata ampiamente discussa e universalmente riconosciuta per quanto riguarda la logica formale e i fondamenti della matematica, dopo che Benedetto Croce, in *Logica come scienza del concetto puro* (1909), ha affermato che la logica matematica è “cosa risibile”, se la si considera “come scienza del pensiero”². Per i fondamenti della fisica la situazione è stata più complessa. I filosofi neoidealisti, infatti, riconobbero alla fisica principalmente

¹ Alcune parti di questo scritto sono una rielaborazione di G. Tarozzi, *Introduction: The Italian debate on quantum paradoxes*, in *The Nature of Quantum Paradoxes*, a cura di G. Tarozzi, A. van der Merwe, Reidel, Dordrecht, 1988, pp. 1-50.

² B. Croce, *Filosofia dello spirito II. Logica come scienza del concetto puro*, Bari, Laterza, 1928, p. 93.

la sua utilità pratica. Per questo in Italia vennero promossi gli studi sperimentali sulle applicazioni e l'impatto tecnologico delle teorie fisiche, ma la ricerca sui fondamenti concettuali non ricevette la giusta attenzione.

I filosofi neoidealisti non si limitarono a negare alle scienze fisiche valore conoscitivo, ma in alcuni casi andarono oltre, considerando le contraddizioni e i paradossi della teoria quantistica come la più evidente dimostrazione dei limiti della conoscenza scientifica e della sua incapacità a cogliere una realtà più complessa e profonda, alla quale solo la filosofia avrebbe avuto accesso. La tesi principale dell'interpretazione di Copenaghen, che assume la centralità del ruolo dell'osservatore, inteso come soggetto cosciente, apparve così come una conferma di una delle assunzioni fondamentali dell'idealismo, secondo cui le proprietà del mondo fisico non esistono indipendentemente dalla nostra conoscenza. Ad esempio, nel manuale di storia della filosofia di de Ruggiero, il "nuovo atomismo" è visto come una prova decisiva del ruolo attivo della mente umana nel mondo fisico³.

Si può trovare un'altra affermazione molto esplicita della natura idealistica della teoria quantistica nella Prefazione scritta nel 1934 da Giovanni Gentile *Junior*, figlio del più famoso filosofo neoidealista e uno dei primi professori di fisica teorica in Italia, per la traduzione italiana di un libro dell'astrofisico James Jeans; Gentile *Junior* esprime la sua piena adesione all'interpretazione di Copenaghen della meccanica quantistica e critica invece il punto di vista di Planck e Einstein che, nella loro ricerca della realtà ultima, vengono accusati di *realismo ingenuo*⁴. A questi Gentile preferisce i teorici di Copenaghen che «si contentano giustamente di aver fede nelle loro idee»⁵, e interpreta la loro assunzione di base che le osservabili siano gli unici concetti

³ G. de Ruggiero, *Storia della filosofia*, Bari, Laterza, 1934, Vol. X, pp. 203-204.

⁴ G. Gentile *Junior*, *Prefazione*, in J. Jeans, *I nuovi orizzonti della scienza*, Firenze, Sansoni, 1934.

⁵ *Ibidem*, p. VI.

fisici legittimi come una conferma della concezione soggettivista propria dell'idealismo immanente. Due furono gli effetti che la filosofia neoidealista ebbe nei confronti degli studi sui fondamenti della fisica: 1) da un lato venne scoraggiata la ricerca teorica, a favore della ricerca sulle applicazioni sperimentali della teoria; 2) dall'altro, ci si appellò ad alcune conseguenze filosofiche dell'interpretazione di Copenaghen per sostenere il soggettivismo, a causa dell'intrusione dell'osservatore nel processo di misurazione⁶.

Dopo la Seconda guerra mondiale, gli studi epistemologici influenzati dalla prospettiva logico empiristica, condotti da Ludovico Geymonat e dalla sua scuola, portarono a un progressivo abbandono della metafisica idealistica antiscientifica. La critica di Geymonat era però ancora fortemente basata sull'opposizione del materialismo dialettico alla filosofia idealistica di Croce e Gentile, non svincolandosi da una visione ancora storicista. Fu Alberto Pasquinelli a proporre una critica più radicale della filosofia idealistica, ma più in generale storicista (coinvolgendo in tal modo nella critica anche il materialismo dialettico) basata su un'accettazione integrale dell'empirismo logico. I suoi *Nuovi principi di epistemologia* (1964), costituiscono la prima esposizione sistematica di una filosofia scientifica consistente con le idee di Rudolf Carnap, con cui egli aveva studiato a Chicago. Sebbene l'opera di Pasquinelli non tratti in maniera specifica temi di filosofia della fisica, tuttavia essa rappresenta un sicuro punto di riferimento metodologico per la ricerca sui fondamenti della teoria quantistica. In primo luogo, infatti, Pasquinelli attribuiva un ruolo prioritario alle scienze empiriche, rispetto a quelle formali, ponendosi

⁶ Questo tema è sviluppato in V. Fano, *How Italian Philosophy Reacted to the Advent of Quantum Mechanics in the Thirties*, in *The Nature of Quantum Paradoxes*, a cura di G. Tarozzi e A. van der Merwe, Kluwer, Dordrecht, 1988, pp. 385-401; e in V. Fano, *La riflessione degli scienziati sulla meccanica quantistica in Italia fra le due guerre*, in *I fondamenti della meccanica quantistica: Analisi storica e problemi aperti*, a curadi G. Cattaneo e A. Rossi, *Seminars and Conferences*, Commenda di Rende, 1991, pp. 107-118.

così in contrasto anche con il punto di vista di Geymonat, per il quale la matematica rimaneva sempre il modello paradigmatico della conoscenza scientifica. Per Pasquinelli, l'epistemologia si identifica invece con l'analisi critica della conoscenza empirica fornita dalla fisica o dalle scienze "empiriche". In secondo luogo, Pasquinelli non solo si sofferma sulle implicazioni filosofiche del lavoro scientifico, ma specificatamente anche sui contributi critici e metodologici di Einstein, che egli considera la mente "più aperta" e di cui condivide il credo metodologico.

Questo contribuì a creare la base per una discussione critica dei fondamenti epistemologici della meccanica quantistica anche da parte dei fisici italiani, al fine di evidenziare i presupposti impliciti dell'interpretazione di Copenaghen e i problemi aperti della teoria: 1) le contraddizioni generate dal principio di complementarità, in risposta alla dualità onda-particella; 2) l'inammissibile interferenza della mente dell'osservatore con le leggi della fisica; 3) il problema della completezza della teoria quantistica. In questo processo di revisione critica dell'interpretazione ortodossa possiamo individuare tre momenti fondamentali: 1) il contributo di Daneri, Loinger e Prosperi (1962) alla elaborazione di una teoria non soggettivistica della misurazione; 2) l'interpretazione realistica della funzione d'onda di Franco Selleri (1969); 3) la discussione di Capasso, Fortunato e Selleri sul teorema di von Neumann e le nuove prospettive aperte dal teorema di Bell (1970)⁷.

Contemporaneamente, in ambito filosofico Evandro Agazzi propose, in *Temi e problemi di filosofia della fisica* (1969), un profondo riesame critico della concezione rigidamente operazionistica e fenomenistica delle teorie fisiche⁸.

⁷ A. Daneri, A. Loinger, G. M. Prosperi, *Quantum theory of measurement and ergodicity conditions*, in «Nuclear Physics», 1962, 33, pp. 297-319; F. Selleri, *On the wave-function of quantum mechanics*, in «Lett. Nuovo Cimento 1», 1969, pp. 908-910; V. Capasso, D. Fortunato, F. Selleri, *Von Neumann's theorem and hidden-variable models*, in «Riv. Nuovo Cimento 2», 1970, pp. 149-199.

⁸ E. Agazzi, *Temi e problemi di filosofia della fisica*, Milano, Manfredi, 1969.

2. Il problema della misurazione quantistica

In Italia, le reazioni alla interpretazione di Copenaghen si presentarono come un attacco contro la soluzione ortodossa ai paradossi della teoria della misurazione. Il problema della misurazione quantistica ha le sue radici logiche nella coesistenza di due diverse leggi di evoluzione temporale della funzione d'onda: l'equazione di Schrödinger, deterministica, valida per i sistemi fisici inosservati, e la descrizione probabilistica, valida per i sistemi fisici osservati. La presenza di queste due descrizioni è inevitabile, così come è necessaria la natura corpuscolare e ondulatoria dei sistemi fisici. Ricordiamo anche che, per risolvere il problema della misurazione, J. Von Neumann (1932) aveva introdotto il postulato del collasso della funzione d'onda.

Nell'ambito del dibattito sulla teoria della misurazione, molto promettente appare la soluzione proposta da Daneri, Loinger, Prosperi⁹, che fanno propria l'idea di Bohr della natura macroscopica dell'apparato di misurazione, ma ritengono che questo sia un sistema fisico speciale, in uno stato in equilibrio termodinamico metastabile, e che durante l'interazione con il micro-oggetto passi in un altro stato di equilibrio più stabile. La riduzione della funzione d'onda è così un processo ergodico, che avviene all'interno dello strumento. Questa teoria è stata condivisa da Leon Rosenfeld, ma severamente criticata da Jeffrey Bub, Dalla Chiara e Toraldo, Eugene Wigner, Renninger¹⁰. In particolare, Dalla Chiara e Toraldo di Francia hanno sviluppato un'analisi formale del processo di misurazione, che evidenzia l'esistenza

⁹ A. Daneri, A. Loinger, G. M. Prosperi, *op. cit.*

¹⁰ L. Rosenfeld, *The measuring process in quantum mechanics*, in «Suppl. Progr. Theor. Phys.», 1965, 212, pp. 222-231; J. Bub, *The Daneri-Loinger-Prosperi quantum theory of measurement*, in «Nuovo Cimento 57B», 1968, pp. 503-520; M. L. Dalla Chiara, G. Toraldo di Francia, *A formal analysis of physical theories*, in G. Toraldo di Francia, a cura di, *Problems in the Foundations of Physics*, Amsterdam, North Holland, 1979, p. 134; E. Wigner, *The problem of measurement*, in «Am. J. Phys.», 1963, 31, p. 6; M. Renninger, *Messungen ohne Störung des Messobjekts*, in «Zeit. Phys.», 1960, 158, p. 417.

di strette analogie tra le soluzioni proposte al problema della misurazione della teoria quantistica e quelle che sono state avanzate in passato da logici e matematici per risolvere i paradossi della teoria degli insiemi. Una teoria che ha significative analogie con quella di Daneri, Loinger e Prosperi è quella di M. Cini¹¹, che tuttavia presenta aspetti paradossali discussi da Tarozzi¹². Infine, due diversi tentativi di falsificare sperimentalmente il postulato di riduzione della funzione d'onda sono stati proposti, da un lato, da A. Garuccio, V. Rapisarda e J. P. Vigièr e, dall'altra, dallo stesso Tarozzi¹³.

Il lavoro di Daneri, Loinger e Prosperi è uno dei punti di partenza della soluzione al problema della misurazione quantistica, che si è imposto negli ultimi venti anni, cioè la cosiddetta "decoerenza"¹⁴. L'idea di fondo, sviluppata da molti autori, si può riassumere nell'introduzione di una *master equation* – dovuta a un bagno termico intrinseco al processo di misurazione, che favorisce il cosiddetto "collasso della funzione d'onda". In questo modo il collasso diventerebbe un processo fisico stocastico. Questa prospettiva, che non è accettata da tutti, è stata abbracciata con entusiasmo da G. Auletta nel suo monumentale *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics* (2001)¹⁵. Lo stesso punto di vista viene ribadito da Auletta

¹¹ M. Cini, *Quantum theory of measurement without wave packet collapse*, in G. Tarozzi, A. van der Merwe, a cura di, *Open questions in quantum physics*, Dordrecht, Reidel, 1985, p. 185.

¹² G. Tarozzi, *A unified experiment for testing both the interpretation and the reduction postulate of the quantum mechanical wave function*, in G. Tarozzi, A. van der Merwe, a cura di, *Open questions in quantum physics*, Dordrecht, Reidel, 1985.

¹³ A. Garuccio, V. Rapisarda, J. P. Vigièr, *New experimental set-up for the detection of de Broglie's waves*, in «Phys. Lett. 90A», 1982, pp. 17-19; G. Tarozzi, *Experimental tests of the properties of the quantum mechanical wave function*, in «Lett. Nuovo Cimento 42», 1985, pp. 439-442. Su tutto questo dibattito si veda G. Tarozzi, *Filosofia della microfisica*, Accademia Nazionale di Scienze Lettere Arti di Modena, Modena, Mucchi, 1992.

¹⁴ Un'ottima presentazione complessiva di questa prospettiva è M.A. Schlosshauer, *Decoherence*, Berlin, Springer, 2007.

¹⁵ G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics*, Singapore, World Scientific, 2001.

anche nel suo bel manuale *Quantum Mechanics* (2009)¹⁶, scritto assieme a G. Parisi e M. Fortunato.

Una soluzione profondamente diversa del problema della misurazione è stata invece proposta da G. Ghirardi, A. Rimini e T. Weber (1986), basata su un modello indeterministico, non lineare, anch'esso senza collasso, che ha avuto un notevole successo internazionale. Giancarlo Ghirardi va anche ricordato per il suo splendido volume *Un'occhiata alle carte di Dio* (1996), che fino a oggi è stato sia a livello nazionale che internazionale una delle migliori introduzioni semi-divulgative ai problemi fondazionali della meccanica quantistica¹⁷. Gli stessi argomenti sono presentati in modo più approfondito e completo nel suo lungo capitolo *Fondamenti concettuali e implicazioni epistemologiche della meccanica quantistica*(1997)¹⁸.

3. Le obiezioni epistemologiche alla complementarità

Ma facciamo un passo indietro. Una delle più illuminanti analisi del principio di complementarità è stata proposta da Agazzi, nel libro sopracitato (1969); egli evidenzia come tra i teorici di Copenaghen convivano due interpretazioni di questo principio, che sono profondamente differenti e che vengono spesso confuse: 1) la prima, dovuta principalmente a Pauli, considera la complementarità come sinonimo delle relazioni di indeterminazione, cioè come un divieto a utilizzare simultaneamente i concetti classici di posizione e momento, o tempo ed energia, e vale sostanzialmente come una restrizione che non

¹⁶ G. Auletta, G. Parisi, M. Fortunato, *Quantum Mechanics*, Cambridge, Cambridge University Press, 2009.

¹⁷ G. Ghirardi, *Un'occhiata alle carte di Dio*, Milano, Il Saggiatore, 1996.

¹⁸ G. Ghirardi, *Fondamenti concettuali e implicazioni epistemologiche della meccanica quantistica*, in G. Boniolo, a cura di, *Filosofia della fisica*, Milano, Bruno Mondadori, 1997, pp. 337-608.

fa alcun tentativo di chiarire la natura dualistica dei fenomeni quantistici; 2) la seconda, più vicina alle idee di Bohr, considera la complementarità come la necessità di appellarsi, per spiegare i fenomeni quantistici, a due immagini o descrizioni classicamente incompatibili, quella ondulatoria e quella corpuscolare. In questa seconda impostazione, la complementarità sarebbe sinonimo del dualismo onda-particella. Mentre la prima interpretazione della complementarità come “indeterminazione” non sembra produrre particolari problemi, la seconda, invece, legata alla dualità onda-particella, è fonte di innumerevoli difficoltà epistemologiche, per le contraddizioni che nascono dall’applicazione di due diverse descrizioni al medesimo fenomeno fisico.

Agazzi denuncia così l’insufficiente emancipazione dei teorici di Copenaghen dai concetti classici, che vengono applicati ai fenomeni quantistici. Per superare tali difficoltà, egli propone la tesi della *natura contestuale del significato dei concetti fisici*, secondo cui ogni concetto fisico può essere oggetto di diverse caratterizzazioni, che dipendono dai differenti livelli o contesti in cui esso appare. Tuttavia Agazzi non crede che la sua proposta fornisca una risposta conclusiva al problema della natura dell’oggetto microfisico e auspica che vengano introdotti concetti veramente *nuovi*.

Un’altra analisi filosofica dettagliata del principio di complementarità si può trovare nel contributo di Silvano Tagliagambe alla monumentale *Storia del pensiero filosofico e scientifico* di Geymonat, e nell’Introduzione a *L’interpretazione materialistica della meccanica quantistica*, di vari autori, curato dallo stesso Tagliagambe¹⁹. Egli analizza il principio di complementarità da un punto di vista storico-filosofico, ricostruendone l’origine

¹⁹ S. Tagliagambe, *Il dibattito sull’interpretazione della meccanica quantistica*, in L. Geymonat, *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, Milano, Garzanti, 1972, vol. VI, pp. 729-761; *Il concetto di realtà fisica e il principio di complementarità*, in M. E. Omelyanovskij, V. A. Fock, et. al., *L’interpretazione materialistica della meccanica quantistica. Fisica e filosofia in URSS*, a cura di S. Tagliagambe, Milano, Feltrinelli, 1972, pp. 53-135.

a partire dalla filosofia esistenzialistica presente nel pensiero di Bohr e, dopo il dibattito avvenuto in URSS, tenta una riformulazione materialistica di questo principio. Tagliagambe mostra la relazione tra Bohr e il fisico sovietico Fock. Fock e i filosofi della scienza sovietici, seguiti in questa operazione da Tagliagambe e Geymonat, tentarono di fornire una chiarificazione in senso positivo della natura del dualismo, sostituendo la contrapposizione esistenzialistica di onda e particella con una visione *sintetica*. Questa soluzione sarà proposta anche per il paradosso di Einstein-Podolski-Rosen (EPR).

Suggerire in Italia, a metà degli anni Settanta, la filosofia della fisica sovietica sembra oggi un'operazione culturale molto discutibile. La difesa messa in atto dai fisici e dagli epistemologi sovietici di tesi materialistiche e realistiche era già stata avanzata da Valerio Tonini, dopo la Seconda guerra mondiale. Ma, nel momento in cui l'interpretazione di Copenaghen dominava ovunque senza ricevere sostanzialmente alcuna opposizione, promuovere una reazione alle implicazioni soggettivistiche più dogmatiche ebbe un'importanza non secondaria nel tenere aperto il dibattito sui fondamenti della meccanica quantistica²⁰. Un simile tentativo di conciliare la descrizione quantistica del mondo fisico con una concezione realistica venne portato avanti nei primi anni Sessanta dal fisico matematico Antonio Pignedoli, che fu uno dei primi scienziati italiani ad opporsi alle implicazioni soggettivistiche dell'interpretazione di Copenaghen, in cui vedeva una rinuncia alla comprensione della struttura della realtà fisica, inaccettabile sotto il profilo filosofico e in contrasto con la natura autentica della ricerca scientifica²¹.

Alcune obiezioni filosofiche alla natura metafisica dell'interpretazione materialistica della meccanica quantistica sovietica e

²⁰ V. Tonini, *Il testamento scientifico di Einstein e la filosofia della fisica oggi*, in «La Nuova Critica», 1979, pp. 50-51.

²¹ A. Pignedoli, *Alcune teorie meccaniche superiori*, Padova, CEDAM, 1969.

di Geymonat-Tagliagambe sono state discusse da Gino Tarozzi²². C'è tuttavia una critica più seria, che riguarda il problema della fondazione fisica del principio di relatività rispetto ai mezzi di osservazione. Questo principio, che stabilisce l'impossibilità di costruire un apparato sperimentale capace di rivelare nello stesso tempo sia le proprietà ondulatorie che quelle corpuscolari dei micro-oggetti, costituisce l'unica assunzione non metafisica di tale interpretazione, perché, per la sua natura empirica, esso potrebbe essere confutato da un esperimento della doppia fenditura che con lo stesso apparato rivelasse proprietà ondulatorie e corpuscolari del microoggetto.

Gli anni Novanta sono caratterizzati dalla quasi unanime accettazione della violazione sperimentale della disuguaglianza di Bell (Aspect *et al.*, 1982)²³, tanto che nel 1989 escono gli atti di un congresso che resterà una pietra miliare negli studi sui fondamenti della teoria quantistica (editi da Cushing e McMullin)²⁴. In questo periodo si impone la cosiddetta "coesistenza pacifica" fra non-separabilità quantistica e località relativistica. Essa verrà seriamente messa in discussione da T. Maudlin con il suo importante libro del 1994²⁵. A questa ulteriore svolta interpretativa ha dato un contributo significativo Laudisa (1995)²⁶. Non va dimenticato che resta sempre vivo il dibattito sulla capacità della condizione di fattorizzabilità, introdotta nella formulazione di Clauser e Horne (1974) della disuguaglianza di Bell, di rappresentare

²² G. Tarozzi, *Realisme d'Einstein et mécanique quantique: un cas de contradiction entre une théorie physique et une hypothèse philosophique clairement définie*, in «Revue de Synthèse 101-102», 1981, pp. 125-158.

²³ Con l'importante eccezione in Italia di A. Afriat, F. Selleri *The Einstein, Podolsky and Rosen Paradox*, Berlin, Springer, 1999.

²⁴ J.T.Cushing, E.McMullin, a cura di, *Philosophical Consequences of Quantum Theory*, Notre Dame, University of Notre Dame Press, 1989.

²⁵ T.Maudlin, *Quantum Non-Locality and Relativity*, Cambridge, Blackwell, 1994.

²⁶ F. Laudisa, *Einstein, Bell and nonseparable realism*, in «British Journal for the Philosophy of Science», 46, 1995, pp. 309-329.

adeguatamente la condizione fisica di località²⁷. Su questo si erano espressi negativamente già F. Selleri e G. Tarozzi (1980). Per una riconsiderazione più recente e documentata della questione si veda il contributo di V. Fano e G. Macchia (2016). Sull'ambiguità e delicatezza della valutazione delle conseguenze ontologiche della violazione sperimentale della disuguaglianza di Bell è intervenuto anche V. Fano (2004)²⁸.

Negli anni Novanta compaiono anche tre volumi che, da prospettive diverse, provano ad andare oltre la filosofia della complementarità. In primo luogo, R. Lupacchini (1995), che recupera la filosofia di Wittgenstein e alcuni elementi dell'intuizionismo, per mettere in luce gli aspetti costruttivi impliciti nelle nozioni matematiche della teoria. Nel 1996 esce il volume di V. Fano, che affronta i problemi della meccanica quantistica da un punto di vista filosoficamente diverso, cioè quello della fenomenologia di Husserl. In questa prospettiva, l'impossibilità di interpretare realisticamente la meccanica quantistica deriverebbe dalla violazione di quello che Fano, Matera (2014) chiameranno il "vincolo fenomenologico", cioè la necessità di possedere una buona spiegazione naturalistica della ragione per cui non percepiamo mai la sovrapposizione. Infine, F. Laudisa (1998) rilegge storicamente e criticamente la genesi degli argomenti di Einstein contro la meccanica quantistica e l'affermarsi della nozione di *entanglement*, sottolineando nel contempo l'importanza di una chiara prospettiva ontologica per la teoria²⁹.

²⁷ J.F. Clauser, M.A. Horne, *Experimental Consequences of Objective Local Theories*, in «Physical Review» D», 10, 1974, pp. 526-535.

²⁸ V. Fano, G. Macchia, *La disuguaglianza di Bell*, in «Aphex», Giugno 2016, <http://www.aphex.it/index.php?Temi=557D03012202740321040502777327>; V. Fano, *Non-Materiality of Non-Locality*, in «Foundations of Physics», 34, 2004, pp. 2005-2013.

²⁹ R. Lupacchini, *Esperimenti mentali e realtà fisica*, Bologna, CLUEB, 1995; V. Fano, *Matematica ed esperienza nella fisica moderna*, Accademia delle Scienze Lettere Arti di Modena, Cesena, Il Pontevecchio, 1996; V. Fano V., S. Matera, *Realismo scientifico e vincolo fenomenologico*, in «Hermeneutica», 2014, pp. 95-108; F. Laudisa, *Le correlazioni pericolose*, Padova, Il Poligrafo, 1998.