

Le origini delle ricerche sui fondamenti della meccanica quantistica nel dopoguerra in Italia

Angelo Baracca - Università degli Studi di Firenze - baracca@fi.infn.it

Silvio Bergia - Università degli Studi di Bologna - silvio.bergia@bo.infn.it

Flavio Del Santo - University of Vienna - delsantoflavio@gmail.com

Abstract: A recent publication by David Kaiser has reconstructed the renewed interest toward the Foundation of Quantum Mechanics in the USA in the 1970s, in a 'New Age' mood and with the aim of totally unconventional results (telepathy, psychokinesis), that helped in paving the way for the modern Quantum Information. This has stimulated the present authors to reconstruct the phases of interest towards this problems, previously developed (and never really dead) in Italy. In the postwar period the school of Caldirola resumed the interest on FQM, devoting their interest toward the measurement problem already in the early 1960s. (Daneri *et al.* 1962)

At the end of 1960s Franco Selleri retook the interest on the problem of the Hidden Variables. (Selleri 1969a; Selleri 1969b) In 1967 the theoretical group of the University of Bologna promoted a series of internal seminars to discuss the major publications on foundations of quantum mechanics. The critical spirit that was spreading among the young graduates, brought an increasing interest towards such a topic.

In 1969 Selleri proposed to the Steering Committee of the Italian Physical Society (SIF) to devote one of the courses of the International School of Varenna to the foundations of quantum mechanics, that was indeed organized in the summer 1970. (D'Espagnat 1971)

The group of Baracca and Bergia was afterwards actively involved in the research on these problems. Also the group of Giancarlo Ghirardi in Trieste was later very active on fundamental problems.

In the same frame of unrest, a course in Varenna on History of Physics was organized in 1972, again proposed by Selleri in 1970.

Compared with the fundamental American results, in Italy this research activity was more politicized and also more formal, but it did not anticipate the prolific field of Quantum Information.

Keywords: Foundation of Quantum Mechanics, History of Physics

1. Il movente di questa ricerca

Nel 2012 David Kaiser ha pubblicato un eccellente libro, *How the Hippies Saved Physics*¹ (Kaiser 2012), nel quale, con grande completezza di dettagli, egli ricostruisce

¹ Vincitore del 'Davis Prize' per la Storia della Scienza nel 2013.

la ripresa dell'interesse per i "Fondamenti della Meccanica Quantistica" (FMQ) negli Stati Uniti alla metà degli anni Settanta, dopo molti anni nei quali era prevalsa una concezione pragmatica della teoria, espressa dalla consegna: 'Zitto e calcola!'. Tale ripresa coincise con la crisi che portò a drastici tagli alla ricerca: la conseguente crisi d'identità e le difficoltà d'impiego dei giovani ricercatori incrinarono il mito della ricerca scientifica. Nacque così a Berkeley il *Fundamental Fysiks Group*. Questa attività si intrecciò con il clima *New Age*, l'interesse per il misticismo orientale e l'assunzione di droghe psichedeliche. Il gruppo si pose obiettivi che travalicavano i confini del rigore scientifico, dalla lettura e trasmissione del pensiero alla telecinesi. Eppure essi aprirono concettualmente la strada ai fondamentali progressi dell'informazione quantistica.

Il libro di Kaiser ci ha condotto ad osservare che in Italia l'interesse verso i FMQ nacque circa 10 anni prima (e forse non era mai morto) e diede origine a uno specifico campo di ricerca. Ma il clima in Italia fu completamente diverso, fortemente politicizzato, trovando le sue radici anche nelle contestazioni studentesche del '68 (che coinvolsero poi ricercatori e tecnici, sull'onda delle lotte operaie dell'Autunno Caldo, nonché del Maggio francese). Di questa ripresa dell'interesse per i FMQ furono protagonisti anche in Italia giovani ricercatori che cercarono di tradurre concretamente nel loro lavoro specifico le rivendicazioni di trasformazione sociale, sollevando critiche sull'impostazione della scienza e sui suoi contenuti sviluppati storicamente: cioè sulla 'non neutralità' della scienza. Tuttavia l'impostazione dei giovani fisici italiani, proprio perché cercava 'alternative' scientifiche, non sconfinò verso domande metafisiche, ma si svolse sempre con rigore scientifico. Non riuscì quindi – si potrebbe dire paradossalmente – a 'vedere lontano' e non anticipò le vere novità dell'informazione quantistica.

In questa relazione sintetizziamo i principali risultati della nostra ricerca su questo tema (un lavoro più dettagliato è in preparazione).

2. Tradizione e ripresa di interesse per i FMQ in Italia

L'interesse per i FMQ in Italia non era mai morto. Piero Caldirola a Milano aveva scritto un opuscolo e una voce sull'Enciclopedia Treccani (Caldirola 1961) e i suoi allievi avevano pubblicato un'interpretazione del processo della misura in MQ (Daneri *et al.* 1962) che ricevette attenzione a livello internazionale.

Anche Bruno Ferretti a Bologna coltivò un interesse per i FMQ e promosse nel 1967, un ciclo di seminari interni, in cui i componenti del Gruppo Teorico di Bologna studiarono ed esposero i più importanti lavori sul tema. Nel frattempo uno dei giovani fisici bolognesi più brillanti, Franco Selleri, aveva maturato una profonda insoddisfazione per la struttura della MQ, avviando una riflessione che lo avrebbe portato ad essere, negli anni successivi, il vero animatore di questo campo di ricerca. Nel 1969 Selleri pubblicò un primo lavoro (Selleri 1969a) e nel giugno-luglio svolse un ciclo di lezioni a Frascati. (Selleri 1969b) Ivi egli esprimeva l'idea che la MQ è una teoria dogmatica perché gli assiomi non sono verificabili, e assumeva una posizione

realistica, formulando un *realistic postulate* secondo il quale la particella è sempre associata a un'onda oggettivamente esistente (come una barca e l'onda su un lago), sebbene l'onda non sia osservabile, ma sia una variabile nascosta (*hidden variable*).

3. Contesto generale. Inquietudini e impegno dei giovani fisici di sinistra

Il sempre più diffuso clima di contestazione eruppe nella comunità dei fisici italiani il 21/10/1968, quando l'assemblea dei soci al Congresso della Società Italiana di Fisica (SIF) a Roma “viene interrotta bruscamente dopo che un rappresentante del Movimento Studentesco chiede la parola e seguono tumulti.” (Bollettino SIF 1968, p. 7)

Il malessere che si diffuse in Italia alla fine degli anni sessanta verso i contenuti e l'impostazione della ricerca scientifica condusse, come si è anticipato, all'attiva ricerca verso problematiche nuove, e all'interesse per l'origine storico-critica della struttura scientifica attuale. Riassumiamo le principali motivazioni e proposte concrete:

La critica ai FMQ venne concepita da alcuni come un aspetto concreto dell'analisi critica dei limiti e dell'ideologia della fisica.

Si sviluppò poi un interesse per una riflessione storica per capire le radici sociali e ideologiche della scienza contemporanea. Essa si ispirò direttamente all'impostazione marxista, che in Italia aveva una solida tradizione, per lo più di formazione umanistica, con Ludovico Geymonat e la sua scuola, che si rifacevano al materialismo dialettico. Ma le posizioni dei giovani contestatori entrarono in rotta di collisione con quelle tradizionali del marxismo. Si formò infatti tra i giovani fisici e matematici una nuova generazione di storici della scienza che si rifacevano in generale al materialismo storico, e affermavano tra l'altro la necessità che la scienza venisse analizzata nel merito, con le competenze che mancavano ai filosofi.

Dal malessere per la prassi scientifica si sviluppò una critica all'impostazione della ricerca, soprattutto nella fisica delle Alte Energie. Vediamo succintamente le iniziative concrete che si svilupparono da queste basi.

4. 1969: origini dei corsi di Varenna sui FMQ (1970) e sulla Storia della Fisica (1972)

La nuova generazione dei fisici si mosse inizialmente nell'ambito della SIF, i cui congressi ed iniziative successive costituirono anche occasioni di incontro e dibattito. Nel 1969 Selleri entrò nel Consiglio di Presidenza (CP) della SIF, di cui già faceva parte Marcello Cini, e da quella sede propose e sviluppò importanti iniziative.

Nel 1969 Selleri propose di organizzare alla Scuola Internazionale 'Enrico Fermi' di Varenna, per l'estate 1970, un corso sui FMQ (SIF Cons. Pres. 1969a, p. 122): la proposta sollevò interesse e discussione nelle sedute successive, Cini propose Bernard D'Espagnat come Direttore del corso e Selleri come Segretario.

Nella seduta del CP dell'11 ottobre, Selleri avanzò una proposta che testimoniava l'intreccio di molteplici stimoli diversi, proponendo che la SIF rinunciaste al finanziamento della NATO – intesa come organizzazione militare – di 13 milioni di

Lire. (SIF Cons. Pres. 1969b, p. 89) Nel 55° Congresso della SIF, tenutosi lo stesso mese a Bari, l'Assemblea dei soci discusse a lungo la proposta ed infine l'approvò.

Nel 1970 il CP prese altre decisioni molto significative: mentre ancora Selleri proponeva nella seduta del 07/02/1970 di tenere a Varenna un corso sulla Storia della Fisica, il CP decise, nella seduta del 26/03/1970, di organizzare in giugno delle giornate di studio a Firenze sulla 'Scienza nella società capitalistica' (pubblicate da De Donato nel 1971).

5. La Scuola di Varenna sui FMQ, 1970

Al corso di Varenna dell'estate 1970 (D'Espagnat 1971) i partecipanti vennero accolti da una lettera del Direttore D'Espagnat che faceva alcune raccomandazioni significative:

[...] theoretical physics rests on three legs: experience, mathematics and a workable set of general ideas. Some would like to cut this third leg away, [...] of course they are quite wrong. [...] let me just suggest the following agreement: that we should not take as goals the conversion of the heretic but rather a better understanding of his standpoint; that we should not suggest that we consider as a stupid fool anybody in the audience (lest the stupid fools should in the end appear clearly to be ourselves!); that we should try to cling to facts; and that nevertheless, we should be prepared to hear without indignation very nonconformist views which have no 'immediate' bearing on facts. (D'Espagnat 1971, p. XIII)

I docenti del corso furono senz'altro i più qualificati nel campo: E. Wigner, M. Jauch, A. Shimony e H. Stein, M. Yanase, B. D'Espagnat, G.M. Prosperi, L. Kasday, B.S. De Witt, H.D. Zeh, G. Ludwig, A. Frenkel, J. Andrade e Silva, F. Selleri, H. Neumann (negli Atti furono inseriti anche articoli di L. de Broglie di D. Bohm).

I temi trattati si snodano in tre differenti sezioni: (I) *Measurement and basic concepts* (Prosperi: *Macroscopic physics and measurement*) (II) *Hidden variables and non-locality* e (III) *Interpretation and proposals* (Selleri: *Realism and wave function*).

Una circostanza importante fu che al corso parteciparono molti dei giovani fisici inquieti, desiderosi di spiegazioni e risposte non formali e che, formati nel clima del movimento del '68, erano inclini a contestare le concezioni tradizionali. Essi si riunirono la sera per discussioni animate, incentrate sulla critica all'oggettività assoluta della scienza e soprattutto sui legami tra scienza e società. Fu una vera fucina di idee ed essi decisero di scrivere un documento fortemente critico in inglese, *Notes on the connection between science and society* (*Notes on ... 1970*), che venne ciclostilato e distribuito a docenti e studenti all'ingresso delle lezioni del mattino. Questo scritto, anche se non fu inserito negli Atti della scuola, fu il primo esperimento di stesura collettiva di un documento relativamente organico, i cui concetti possono essere così schematicamente riassunti: la scienza non è neutrale, ma riproduce gli schemi della classe dominante. Si accusa che durante il corso vi è stata una generale povertà culturale ed una separazione arbitraria e artificiale tra scienza e filosofia. Nel documento vengono poi mosse critiche allo scientismo e alla subordinazione della

ricerca scientifica alle necessità della classe dominante (con riferimento esplicito alla collusione della fisica con l'industria bellica). Viene infine espressa la necessità di una decisione *a priori* sulle responsabilità della scienza.

È interessante l'osservazione di O. Freire (2003, pp. 580-581) di una significativa coincidenza con il corso di Varenna nella creazione della rivista *Foundations of Physics*, sempre nel 1970:

Its Editorial Board comprised [...] David Bohm and Louis de Broglie, [...] side by side with V. A. Fock, [...] the philosopher Karl Popper and the physicist Eugene Wigner. [...] In the first volume, 16 out of the 18 papers dealt with quantum themes. [...] It's noteworthy that in spite of the differences between the Foundations of Physics and the Varenna's course, both needed to face the same task in order to justify their existence: to argue against the instrumentalistic view of science. The decade after the creation of Foundations of Physics and [...] the Varenna course have confirmed how opportune they were. (Freire 2003, pp. 580-581)

6. Il gruppo di ricerca sui FMQ Bologna-Firenze negli anni Settanta

Il corso di Varenna fu il vero detonatore che innescò le ricerche sui FMQ in Italia. Selleri, trasferitosi dal 1969 all'Università di Bari, si attornì di allievi ed intensificò le ricerche sull'argomento, producendo un copioso numero di lavori. Rispetto alla situazione successiva negli USA, bisogna sottolineare che i giovani fisici italiani mettevano in discussione la validità della MQ, in base alla disuguaglianza di Bell.

Baracca, rientrato a Firenze dopo il corso di Varenna, svolse nel settembre-ottobre del 1970 un corso libero di lezioni, *I problemi della misura e delle variabili nascoste nella teoria quantistica* (Baracca 1970) e ben presto avviò la sua collaborazione con Bergia a Bologna. La loro prima pubblicazione risale al 1974. (Baracca *et al.* 1974a) Successive pubblicazioni, allargando la cerchia degli allievi e dei collaboratori (Restignoli di Roma, Cannata, Livi, Ruffo, Savoia, Lunardini), riguardarono sviluppi ed estensioni della disuguaglianza di Bell (Baracca *et al.* 1974b), ed altre pubblicazioni che qui non citiamo).

Nel 1974 si svolse un primo congresso nazionale sul tema dei FMQ a Frascati (4-6 giugno), dove Baracca tenne una delle relazioni introduttive. Sempre nel 1974 Baracca trascorse un periodo di due mesi a Londra presso D. Bohm, che portò ad una pubblicazione comune. (Baracca *et al.* 1975) Dopo gli anni settanta Baracca perse l'interesse attivo per i FMQ, mentre Bergia e collaboratori a Bologna proseguirono le ricerche negli anni ottanta lungo linee diverse. (Bergia *et al.* 1988)

7. Gli altri gruppi di ricerca sui FMQ in Italia

Il gruppo di Selleri a Bari fu il più attivo, con un copioso numero di pubblicazioni per tutti gli anni settanta e successivamente allargò le sue collaborazioni: con la 'Fondation Louis de Broglie' di Parigi, soprattutto con J.P. Vigièr, e con il gruppo di Catania –

dove fin dal 1974 era nato un interesse per i FMQ (Faraci *et al.* 1974) – per eseguire verifiche sperimentali della disuguaglianza di Bell (tra A. Garuccio e V. Rapisarda).

Nel 1976 ebbe luogo alla scuola internazionale di Erice un corso sui FMQ, i cui Atti però non vennero mai pubblicati.

Gian Carlo Ghirardi, a Trieste, arrivò più tardi al problema dei FMQ (Ghirardi *et al.* 1977), lungo una strada che non ne metteva però in discussione la validità. Egli proseguì le ricerche negli anni ottanta sostanzialmente sul problema dell'*entanglement* e del collasso della funzione d'onda in MQ.

8. Il filone della critica alla fisica delle alte energie

Intanto maturava il malessere dei giovani fisici verso le dinamiche della ricerca scientifica, in particolare nel campo della fisica delle alte energie, che in Italia era assolutamente dominante e nel quale lavorava la maggioranza di essi.

La scintilla venne innescata ancora da Selleri con un intervento al vetriolo dal titolo *La piramide azteca della fisica teorica delle particelle elementari*. (Selleri 1970) Questo sollevò dibattiti e stimolò ulteriori iniziative. Tra queste, due Note Interne dell'INFN di Bologna (Baracca *et al.* 1972), che poi furono completamente sviluppate in un volume del 1976, *La Spirale delle Alte Energie*. (Baracca *et al.* 1976)

9. Gli sviluppi di altre iniziative e attività negli anni Settanta

Gli stimoli per avviare un'analisi storica della fisica vennero rilanciati da Selleri nel CP della SIF, che promosse un Corso di Varenna di Storia della Fisica nel 1972.

Questo corso portò a maturazione il crescente interesse di molti giovani fisici (e matematici) verso un'attività di ricerca storica. Uno strumento di grande diffusione fu la nuova serie della rivista *Sapere*, diretta dal 1974 al 1977 da Giulio Maccacaro. Un primo momento importante fu il convegno organizzato a Lecce il 1-5 luglio 1975, dal titolo *Aspetti strutturali e ideologici nel rapporto tra scienze fisiche e matematiche*. (Donini *et al.* 1977) Nel 1976 uscì il libro collettivo di Cini, Ciccotti, De Maria, Jona-Lasinio, *L'Ape e l'Architetto*. (Ciccotti *et al.* 1976)

Maturò così l'esigenza da parte del gruppo di storia della scienza di dotarsi di uno strumento adeguato di elaborazione e di confronto, che condusse alla pubblicazione della rivista *Testi e Contesti*, di cui uscirono 9 numeri prima della chiusura nel 1983. (Rossi 2010)

Così si arrivò all'importante convegno internazionale *Recasting Sciences Between the Two World Wars*, che si svolse nel 1980 tra Firenze e Roma, con un esplicito taglio multidisciplinare, e che ufficializzò l'ingresso dei giovani storici della scienza nell'ambiente accademico internazionale. (Battimelli *et al.* 1983)

Bibliografia

- Baracca A. (1970). *I problemi della misura e delle variabili nascoste nella teoria quantistica*. Lezioni tenute all'Università di Firenze, ciclostilate.
- Baracca A., Bergia S. (1972). *Considerazioni critiche sulle scelte e sul metodo della ricerca attuale in fisica delle alte energie*. Nota Interna INFN/AE-72/4, Bologna.
- Baracca A., Bergia S., Montoto A. (1972b). *Difficoltà nell'analisi dei processi di produzione a bassa energia e nella trattazione 'model independent' delle ampiezze a quasi due corpi*, Nota Interna INFN/AE-72/1, Sezione di Bologna, 24 gennaio 1972.
- Baracca A., Bergia S. (1976). *La Spirale delle Alte Energie*. Milano: Bompiani.
- Baracca A., Bergia S., Bigoni R., Cecchini A. (1974a). "Statistics of observations for proper and improper mixtures in quantum mechanics". *Rivista del Nuovo Cimento*, 4, pp. 169-188.
- Baracca A., Bergia S., Restignoli M. (1974b). *On the comparison between quantum mechanics and local hidden variable theories: Bell's type inequality for multi-valued observables*, in Heusch C.A. (ed.), *Proceedings of the "International Conference on Few Body Problems in Nuclear and Particle Physics"* (Québec City, 27-31 agosto 1974). Québec City: Les Presses de l'Université Laval, p. 67.
- Baracca A., Bohm D.J., Hiley B.J., Stuart A.E.G. (1975). "On some notions concerning locality and non locality in the quantum theory". *Il Nuovo Cimento B*, 28 (2), pp. 453-466.
- Baracca A., Rossi A. (1976). *Marxismo e Scienze Naturali. Per una Storia Integrata delle Scienze*. Bari: De Donato.
- Battimelli G., De Maria M., Rossi A. (1984). *La Ristrutturazione delle Scienze tra la Due Guerre Mondiali*. Roma: La Goliardica Editrice Universitaria, 2 Volumi.
- Bergia S., Cannata F., Pasini A. (1988). *Space Time Fluctuations and Stochastic Mechanics: Problems and perspectives*, in Kostro L., Posiewnik A., Pycacz J., Zukowski M. (eds.). *Problems in Quantum Physics*. Gdansk '87: World Scientific, pp. 403-421.
- Bollettino SIF* (1968), 62, p. 7.
- Caldirola P. (1961). *Quantistica, Meccanica*, in *Enciclopedia Italiana*, Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana fondata da G. Treccani. III Appendice (XXVIII, p. 592; App. II, 11, p. 634).
- Ciccotti G., Cini M., De Maria M., Jona-Lasinio G., Donini E., Narducci D. (1976). *L'Ape e l'Architetto. Paradigmi Scientifici e Materialismo Storico*. Milano: Feltrinelli.
- D'Espagnat B. (1971) (ed.). *Proceedings of the 'Scuola Internazionale Enrico Fermi' on the Foundation of Quantum Mechanics* (Varenna, Villa Monastero, 29 giugno-11 luglio 1970). London: Academic Press, Bologna: Compositori.
- Daneri A., Loinger A., Prosperi G.M. (1962). "Quantum theory of measurement and ergodicity conditions". *Nuclear Physics*, 33, pp. 297-319.
- Donini E., A. Rossi, T. Tonietti (1977). *Matematica e Fisica: Struttura e Ideologia*. Bari: De Donato.

- Faraci G., Gutkowski D., Notarrigo S., Pennisi A.N. (1974). "An experimental test of the EPR paradox". *Lettere al Nuovo Cimento*, 9 (15), pp. 607-611.
- Freire O. Jr. (2003). "A Story Without an Ending: The Quantum Physics Controversy 1950-1970". *Science & Education*, 12, pp. 573-586.
- Ghirardi G.C., Rimini A., Weber T. (1976). "Some Simple Remarks about Quantum Nonseparability for Systems Composed of Identical Constituents". *Il Nuovo Cimento* 39B, pp. 130-134.
- Kaiser D. (2011). *How the hippies saved physics: Science, counterculture, and the quantum revival*. New York City: WW Norton & Company.
- Notes on the connection between science and society* (1970). Documento ciclostilato elaborato dai partecipanti al Corso di Varenna sui FMQ, Archivio SIF, Bologna, cartella di documenti sul Corso di Varenna del 1970.
- Rossi A. (2010). *L'esperienza di "Testi e Contesti"*, in Guerraggio A. (a cura di), *Il '68 e la Scienza in Italia*. Milano: Pristem/Storia, 27-28, pp. 87-96.
- Selleri F. (1969a). "On the wave function in quantum mechanics". *Lettere al Nuovo Cimento* 1 (17), pp. 908-910.
- Selleri F. (1969b). *Quantum Theory and Hidden Variables*. Lezioni tenute a Frascati (giugno-luglio), LNF - 69/75 CNEM-Laboratori Nazionali di Frascati.
- Selleri F. (1970). "La piramide azteca della fisica teorica delle particelle elementari". *Bollettino SIF*, 75, pp. 13-17.
- SIF, Cons. Pres. (1969a). Verbale, 15 Marzo 1969, Archivio SIF, Bologna.
- SIF, Cons. Pres. (1969b). Verbale, 11 Ottobre 1969, Archivio SIF, Bologna
- Weiner C. (1977). *Proceedings of the 'Scuola internazionale Enrico Fermi' on History of Physics* (Varenna, Villa Monastero, 31 luglio-12 agosto 1972). London: Academic Press, Bologna: Compositori.