

G.Boscarino¹, P. Di Mauro¹, G. Garozzo¹, A. Pagano¹

IN RICORDO DI SALVATORE NOTARRIGO

Salvatore Notarrigo fu professore ordinario di Fisica Generale dell'Università di Catania. Insigne studioso di fisica nucleare e di meccanica quantistica riversò, soprattutto negli ultimi venti anni, grandi energie all'insegnamento della fisica. Uomo dotato di enorme capacità dialettiche fu, in politica, un grande ed appassionato ammiratore dei lavori di Karl Marx. Dedicò la sua vita interamente alla ricerca scientifica, appassionato al punto tale da trascurare se stesso. Notarrigo è stato un fisico acuto e profondo che ha dato molteplici contributi ad ampio spettro su diversi campi: la fisica nucleare, la meccanica quantistica, la relatività, l'epistemologia e l'economia - ambiente. E' stato un grandissimo ammiratore della scienza- degli antichi filosofi pitagorici - italici (Pitagora, Parmenide, Democrito, Euclide, Archimede,...). Con questi condivise l'impostazione epistemologica del problema della conoscenza. Dalla lettura lunga, attenta e profonda fino ad una vera e propria analisi filologica dei frammenti dei filosofi pre - socratici (1) dà vita ad un riesame critico dei fondamenti della fisica moderna. Totò Notarrigo così approda ad un ripensamento generale e profondo della filosofia e della scienza dagli antichi fino alle più recenti rivoluzioni scientifiche, quali la meccanica quantistica e la relatività. Soprattutto gli ultimi 20 anni furono segnati da questo processo di analisi. In questo periodo nasce pure il suo grande entusiasmo per Giuseppe Peano e la sua scuola. La seguente breve commemorazione riguarderà essenzialmente proprio quest'ultimo periodo della sua vita che cercheremo di esporre in modo conciso nella speranza di poter dare un quadro quanto più fedele possibile.

Riassumiamo brevemente i cardini epistemologici della sua impostazione scientifico - filosofica nei confronti del problema della conoscenza:

- Non vi può essere scienza senza filosofia e viceversa. Lo specialista puro rischia di rimanere imprigionato nella più deteriore metafisica empirista: quella che non regge ad un controllo razionale secondo le regole della logica di Parmenide e di Peano.
- La scienza degli italici - pitagorici è la diretta progenitrice della scienza galileiana anzi, quest'ultima è un vero e proprio ritorno alla tradizione antica di Pitagora Parmenide, Democrito e Archimede contro quella di Platone ed Aristotele.
- La logica che ha elaborato Aristotele non è una logica della scienza, ma la logica grammaticale, del linguaggio comune. La logica della scienza si trova enunciata nelle opere di Euclide ed Archimede che fanno esplicito riferimento ai pitagorici.
- La logica contemporanea, come concepita dal Russel, continua la tradizione della logica grammaticale di Platone - Aristotele , usa i simboli del Peano ma ne stravolge la semantica.
- La via empiristica non porta alla scienza ma ad una pseudo scienza.
- La realtà non è quella che si attinge attraverso i sensi. I dati empirici non possono servire per fondare la scienza, ma sono tuttavia, indispensabili per verificare (o secondo Popper per falsificare) le affermazioni teoriche che derivano logicamente da un'analisi del linguaggio che è il solo mezzo che abbiamo per ricostruire razionalmente la realtà. (non si dimentichi che tale verifica può solo essere fatta mediante dei modelli matematici, che, in quanti modelli,

¹ Dipartimento Fisica Università di Catania

necessariamente semplificano e idealizzano la complessità propria di ogni osservazione o esperimento) (2)

- In una teoria fisica la coerenza semantica ha più valore della coerenza sintattica, la quale è suscettibile di continue evoluzioni.
- Una rivoluzione scientifica non può venire dall'interno delle cosiddette scienze, ma solo dall'esterno, dal collasso delle vecchie strutture di potere economico e politico.

Vediamo ora come queste idee vengono applicate nei vari campi.

Notarrigo si è occupato della relatività cosiddetta ristretta a cominciare dagli esperimenti del tipo Michelson e Morley. In una serie di lavori (3) si nota che:

- I risultati sperimentali sono di complessa e controversa interpretazione sia per la difficoltà ad acquisirli che per la loro elaborazione
- Il modello teorico utilizzato per interpretare tali esperimenti è inadeguato e carente, come già messo in evidenza, tra gli altri, da A. Righi e D.C. Miller, e ne viene proposto uno originale.

Vengono analizzate le cosiddette trasformazioni di Lorentz (sarebbe meglio chiamarle di Voigt-Lorentz) e le varie derivazioni che se ne danno (4).

Già nel lavoro di Einstein del 1905 e poi in altri autori si crede di dimostrare che basandosi sui due famosi postulati fondamentali della relatività speciale si arrivi univocamente alle trasformazioni di Lorentz. Questa asserzione è falsa: infatti, ci sono infinite trasformazioni che obbediscono ai due postulati e gli esperimenti non riescono a determinarli. Per ottenere le trasformazioni di Lorentz bisogna necessariamente presupporre ulteriori e non giustificate ipotesi, come sono implicitamente contenute nelle varie "dimostrazioni" analizzate (compresa quella di Einstein). Si è provato a trovare le trasformazioni più generali utilizzando solo i due postulati, tenendo conto di trattare grandezze fisiche e non semplici numeri o equazioni tra questi, e sotto quali condizioni e convenzioni queste si riducono a quelle di Lorentz.

Viene affrontata anche la relazione tra le trasformazioni di Lorentz e le equazioni di Maxwell (con una applicazione consistente del calcolo geometrico assoluto di Peano, Notarrigo riesce a derivarle tautologicamente dalla meccanica di Newton (5)), dell'invarianza e covarianza di queste rispetto alle prime (6). A parte la confusione formale e semantica tra invarianza e covarianza presente in molti autori, compreso Einstein, si fa vedere, seguendo le opere relative all'argomento di Somigliana, Burali-Forte e Boggio, che vi sono infinite trasformazioni lineari e non che lasciano le equazioni di Maxwell invariate in forma. Le trasformazioni di Lorentz si possono ottenere solo se si pretende che queste si riferiscano a due osservatori in moto relativo uniforme tra loro con particolari convenzioni sulla misura delle grandezze fisiche in giuoco e sulle operazioni fisiche di confronto tra esse: "senza queste convenzioni nessuna teoria fisica potrebbe essere verificata sperimentalmente" (cfr. nota 6, p. 359). Notarrigo mostra tra l'altro che all'interno della teoria newtoniana delle particelle si può derivare una costante, con le dimensioni di una velocità, il cui quadrato è l'energia totale per unità di massa; e, nello stesso tempo, rappresenta la velocità di fase di qualsiasi onda piana sinusoidale che si propaga nel vuoto (7).

Notarrigo si è occupato di meccanica quantistica in modo propositivo e con contributi originali, sin dagli anni settanta, sia dal punto di vista sperimentale (ha collaborato alla realizzazione di una tra i primi esperimenti EPR) che teorico, ed ha continuato a farlo, fino alla fine dei suoi giorni.

Una profonda analisi della Meccanica Quantistica (in breve M.Q.) non poteva non basarsi che su di una conoscenza approfondita della Meccanica Classica (in breve M.C.) così come concepita da Newton, e poi da D’Alambert: cioè una scienza basata su principi ‘necessari’ che dichiara esplicitamente le proprie entità primitive (per meglio comprenderci il punto materiale) senza introdurre assiomi di carattere sperimentale ovvero ‘contingenti’. In contrasto, con l’avvento della Meccanica Analitica invece vengono introdotti i principi contingenti (cioè di natura sperimentale) nella Teoria; questo mutamento raggiungerà l’apice con la revisione di Mach che ‘snaturerà’ così la Meccanica Razionale. La M.Q. è l’espressione più dirompente di questa ultima concezione empirista della Fisica. Infatti in M.Q. si postula che le grandezze fisiche sono definite per mezzo delle operazioni fisiche atte a determinarle. L’esempio più paradigmatico è la definizione di spin tramite l’esperimento di Stern e Gerlach. Partendo da questa analisi epistemologica, Notarrigo si cimentò con successo nel dimostrare il carattere statistico della M.Q. Ma l’idea di interpretare la M.Q. come una teoria statistica e quindi come tale basata su di una teoria completa (detta comunemente teoria a variabili nascoste) va incontro a delle difficoltà. Quella più interessante risiede in una particolare interpretazione del teorema di Gleason –Kahane –Zerlaszko (in breve GKZ) secondo la quale una teoria a variabili nascoste (deterministica) è incompatibile con un’algebra non commutativa. L’analisi compiuta da Notarrigo è semplice ma nello stesso tempo dirompente e si basa sulla seguente domanda: cosa rappresenta in effetti lo spettro degli operatori quantistici? Come è possibile mostrare, esso rappresenta il risultato di una misura. Ma il risultato di una misura è sempre un valore medio perché ogni strumento di misura media su di una porzione di tempo e di spazio. L’unica ipotesi lecita è pertanto asserire che il valore medio di una variabile dinamica appartenga allo spettro. Ciò equivale a richiedere per il teorema GKZ che le variabili dinamiche della teoria completa siano necessariamente a dispersione nulla. Ma tale pretesa è assurda come fece notare lo stesso Bell nella sua famosa critica al teorema di Von Neumann. La critica al teorema di impossibilità di GKZ e quindi alla disuguaglianza di Bell rappresenta uno dei risultati di maggior rilievo di Totò Notarrigo (8). A questo punto rimane il problema di proporre una teoria completa di cui la M.Q. sia la versione statistica. Secondo Notarrigo questa teoria completa può benissimo essere la M.C. Infatti formulando la Meccanica Statistica Classica (idea che mutuò da Koopman) in uno spazio di funzioni non vi è più nessuna differenza formale fra la M.Q. e la Meccanica Statistica Classica limitata allo spazio delle configurazioni. Anzi si può mostrare pure l’esistenza di una ψ in M.C. che obbedisce formalmente ad una equazione di Schrodinger (sempre derivata nella M.C.). In definitiva i risultati a cui perviene sono i seguenti:

- La M.Q. può essere interpretata come un caso particolare della meccanica statistica classica
- La M.Q. può essere considerata come un modo camuffato di trattare certi insiemi statistici.

Molto lavoro resta ancora da fare per meglio approfondire le nostre conoscenze sul significato della M.Q., ma riteniamo che i contributi teorici di Totò Notarrigo nel dibattito sui fondamenti siano importantissimi. In primo luogo perché mettono in evidenza come un discorso sopra la fisica fondamentale non avrebbe senso senza una approfondita cultura epistemologica; in secondo luogo perché, invalidando i più forti teoremi di impossibilità, il Nostro Compianto ha riaperto il dibattito sulla possibilità di teorie deterministiche, e proprio nell'ambito di tale problema ci ha pure indicato una risposta.

Totò Notarrigo si è occupato anche di Economia in relazione al problema ambientale riuscendo a dare un contributo originale sul ben noto problema della definizione di uno sviluppo economico che sia compatibile con l'ambiente. Le sue analisi si sviluppano con assoluto rigore scientifico attraverso lo studio sistematico del processo economico inteso come processo materiale di produzione di merci (utili o inutili che siano) e il successivo consumo. Riaprendo ed ampliando le analisi di Piero Sraffa [Produzione di merci-Premesse a una critica della teoria economica, Einaudi, Torino, 1981] e di J.Von Neumann [Un modello di equilibrio economico generale, L'Industria, n.1,1952, p.1] egli conduce un'analisi stringente e di rara potenza persuasiva- sempre suffragata da un supporto formale di altissimo contenuto semantico. Le conclusioni a cui perviene sono di estrema attualità e possono essere così riassunte:

- Non esiste un "problema energetico", perché di energia è possibile averne più di quanta il nostro pianeta riesca a sopportarne; esiste invece un "problema entropico" perché l'inquinamento generale e complessivo causato dagli esorbitanti consumi energetici è oramai tale da far temere una crisi generale economica-ecologica irreversibile.

- Il funzionamento del ciclo economico nella società industriale in cui prevale un modo di produzione capitalistico è simile ad una macchina termica che consuma energia libera al solo fine dell'accumulazione, cioè per reinvestire il prodotto al semplice scopo di crescere sempre di più con legge esponenziale.

- Se l'aumento esponenziale dei consumi, registrato sul pianeta negli ultimi cento anni, dovesse essere riproposto senza freni nell'immediato futuro allora, sulla base di semplici considerazioni termodinamiche è possibile prevedere un aumento sensibile della temperatura del globo che avrà effetti devastanti su tutti i cicli naturali che oggi garantiscono la vita sulla terra.

Le analisi di Notarrigo sul problema ambientale, condotte nel tempo attraverso una lunga serie di articoli e conferenze possono essere seguite nel libro, scritto in collaborazione con il prof. Giuseppe Amata- studioso dell'Università di Catania- *Energia e Ambiente: Una ridefinizione della teoria economica*, Ed. C.U.E.C.M. 1987 Catania. Vale la pena qui ricordare che l'ultimo periodo dell'attività didattica del prof. Notarrigo è stato quasi totalmente dedicato alla cura di lezioni di Fisica Dell'Ambiente che il Nostro ha tenuto presso l'Università di Catania nel Corso di Laurea in Fisica. Malgrado le precarie condizioni di salute che lo hanno afflitto particolarmente negli ultimi tre anni ha curato queste lezioni con impegno e pazienza impareggiabili, scrivendo e distribuendo gratuitamente agli studenti i suoi appunti di *fisica dell'ambiente*.

Negli ultimi mesi della sua vita (e fino alla sera della sua morte) lavorò alla traduzione dal tedesco degli articolo sulle statistiche quantistiche (di Bose del 1924, di Fermi del 1926 e di Einstein del 1917), per avere più chiaro come e

perché si siano potute affermare le idee quantistiche. Era quasi pronto un lavoro, che doveva essere comunicato nel XVIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica. La morte lo ha colto improvvisamente nella notte tra il 18 e il 19 marzo 1998; smarriti e consci della perdita dolorosa e impareggiabile di Totò Notarrigo siamo rimasti impietriti in silenzio.

Ci piace concludere con un brano tratto dal libro che Notarrigo stava scrivendo, dal titolo "Alice nel Mondo della Realtà" (una raccolta delle sue idee e dei suoi lavori) sperando, al più presto di poterlo pubblicare:

<< L'opera di Euclide...ebbe un grande successo e permise di allargare il numero delle persone che potessero parlare di matematica e quindi di scienza. Ora, inevitabilmente, quando questo si verifica, succede che insieme al fatto altamente positivo dell'ampliamento del circolo di persone che con competenza possono parlare di scienza si verifica anche il fatto altamente negativo di persone che usano i vocaboli della scienza, senza averne compreso il significato, al solo scopo di "apparire" più intelligenti di quello sono; credendo che uno scienziato sia solo uno che usa parole difficili e non capisce che lo scienziato è invece uno che ha faticato una vita per cercare di capire e far capire agli altri il significato di quelle parole difficili >>

Riferimenti:

- (1) Notarrigo S., "Il Linguaggio Scientifico dei Presocratici analizzato con l'Ideografia di Peano", MondoTRE/Quaderni, Ed. Coop. "Laboratorio", Siracusa, 1989, pag.35.
- (2) Boscarino G., Notarrigo S., "La Meccanica Quantistica: Scienza Filosofia?", Ed. Ed. Coop. "Laboratorio", Siracusa, 1997.
- (3) Vedi : Di Mauro P., Notarrigo S., Pagano A., "Riesame e della teoria di Augusto Righi sull'apparato dell'esperimento di Michelson e Morley", Quaderni di Storia della Fisica – 2-1997-pp. 101-110, Editrice Compositori Bologna, 1997 e riferimenti ivi citati.
- (4) Di Mauro P., Notarrigo S., "Esame di alcune delle varie dimostrazioni che conducono alle trasformazioni di Lorentz", intervento al LXXXI Congresso Nazionale S.I.F., Perugia 1995,
- (5) Notarrigo S., "Applicazioni fisiche del calcolo geometrico di Peano", Atti del XIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica (a cura di A.Rossi) Conte (Le), 1995, p.321.
- (6) Di Mauro P., Notarrigo S., "Sull'invarianza delle equazioni di Maxwell", Atti del XVI Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia (a cura di P.Tucci), CNR, Gruppo di Lavoro Celebrazioni Voltiane, 1997.
- (7) Di Mauro P., Notarrigo S., " Sul Significato fisico della velocità della luce nel vuoto" , Intervento al LXXXII Congresso Nazionale SIF, Verona 1996
- (8) Notarrigo S., " On The Physical Meaning of the Bell's Inequality and the related Experimental Tests ", pub. Int. Conference " Problemes in Quantum Physics" , GDANSK'87 , World Sci. Pub. Singapore Ed. L. Kostro, A. Posiewnik, J. Pykacz, M. Zukowski. (1987) pag. 693 e riferimenti ivi contenuti.

