

La diffusione della meccanica quantistica in Italia (1900-1940)

Adele La Rana – University of California, Riverside; Sezione di Roma¹ dell'INFN; Centro Fermi
Paolo Rossi – Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa; Sezione di Pisa dell'INFN; Centro Fermi – Museo storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche «Enrico Fermi», Rome, Italy

Premessa: il limitato recepimento della teoria dei quanti in Italia fino al 1925

L'introduzione tra i fisici italiani dei concetti della prima meccanica quantistica (legata ai nomi di Max Planck, Albert Einstein e Niels Bohr) fu fortemente rallentata da alcuni fattori strutturali e culturali.

In primo luogo la fisica come disciplina accademica era fortemente sottodimensionata rispetto ad altri Paesi ed altre discipline. Accanto alle cattedre di fisica sperimentale, il cui numero tra la fine del XIX secolo e il 1920 non superò mai le 18 unità, per poi salire a 21 dopo il 1925, esistevano solo una decina di cattedre di fisica matematica, già allora fortemente ancorate a problematiche difficilmente assimilabili a quelle proprie della fisica teorica. Ben diversa era la situazione in Germania, dove fin dall'inizio del XX secolo erano presenti cattedre di *Theoretische Physik*¹.

Ma soprattutto bisogna mettere in conto l'orientamento radicalmente empirista dei fisici italiani dell'epoca, per i quali la matematica aveva soltanto la funzione di «mettere ordine» nei dati: le leggi fisiche potevano essere ricavate soltanto dall'analisi dei dati e non tramite un processo ipotetico-deduttivo basato sulla formulazione (e successiva verifica empirica) di modelli teorici.

Di conseguenza non vi fu in Italia, almeno fino alla Prima Guerra Mondiale, alcuna discussione sulla atomistica, né partecipazione al dibattito internazionale che vedeva contrapposti energetica e atomismo².

Il primo studio teorico italiano sulla teoria cinetica dei gas risale al 1916 ed è dovuto a Carlo Del Lungo³. Nel periodo prebellico non è ancora recepita la teoria di Einstein del moto browniano, e negli articoli sul corpo nero, pur presenti anche se non numerosi, i riferimenti alla teoria di Planck sono totalmente assenti, come nel caso di Virgilio Polara⁴, oppure sono di natura critica, come nel caso di Luigi Puccianti⁵ e Augusto Occhialini⁶.

I primi a comprendere l'importanza della matematica nella formulazione di veri e propri modelli fisici nel contesto della fisica atomica furono Antonio Garbasso e Orso Mario Corbino. Garbasso per

¹ M. Leone and N. Robotti, *The Entrance of Quantum Mechanics in Italy: From Garbasso to Fermi*, in *The Foundations of Quantum Mechanics. Historical Analysis and Open Questions – Cesena 2004* (C. Garola, A. Rossi, S. Sozzo eds), pp. 225-237, World Scientific, Singapore 2006.

² G. Dragoni, *Per una storia della fisica italiana tra la seconda metà dell'Ottocento e la Prima guerra mondiale (1850-1915)*, in AA.VV., *La storia della scienza in Italia*, a cura di C. Maccagni e P. Freguglia, pp. 306-353, Edizioni Bramante, Milano 1989; R. Maiocchi, *Non solo Fermi. I fondamenti della meccanica quantistica nella cultura tra le due guerre*, Le Lettere, Firenze 1991; G. Giuliani, P. Marazzini, *The Italian physics community and the crisis of classical physics: New radiations, quanta and relativity (1896–1925)*, «Annals of Science», 51(4), 1994, pp. 355–390.

³ C. Del Lungo, *Sulla teoria cinetica dei gas. Note I e II*, «Il Nuovo Cimento», 12, 1916, pp. 166-175 e pp. 215-230.

⁴ V. Polara, *Sul potere emissivo dei corpi neri*, «Il Nuovo Cimento», 19, 1910, pp. 329-334.

⁵ L. Puccianti, *Una determinazione in misura assoluta della potenza irraggiata dal corpo nero* «Il Nuovo Cimento», 4, 1912, pp. 31-48; L. Puccianti, *Un'altra determinazione in misura assoluta della potenza irraggiata dal corpo nero*, «Il Nuovo Cimento», 4, 1912, pp. 322-330.

⁶ R.A. Occhialini, *Oscillazioni intratomiche*, «Il Nuovo Cimento», 5, 1913, pp. 452-470.

primo prese in considerazione il nesso tra modelli atomici e spettroscopia⁷, mentre Corbino già nel 1908 (e poi in un paio di articoli di natura divulgativa nel 1909 e nel 1912)⁸ descrisse l'ipotesi della quantizzazione dell'energia, senza tuttavia manifestare particolare entusiasmo per quello che era percepito come una sorta di «artificio contabile» (punto di vista condiviso dallo stesso Planck).

Il tema della quantizzazione dell'energia trovò qualche spazio soltanto a seguito della scoperta dell'effetto Stark-Lo Surdo. Sullo stesso numero de «Il Nuovo Cimento» in cui Antonino Lo Surdo annunciava la scoperta del nuovo fenomeno⁹, nel gennaio 1914, Garbasso pubblicava una nota in cui per primo metteva in relazione l'effetto con la quantizzazione dei livelli dell'idrogeno proposta da Bohr¹⁰. L'obiettivo principale di Garbasso appariva esaltare il ruolo di Antonino Lo Surdo nel dibattito sulla priorità della scoperta più che sostenere la teoria di Bohr.

Prova ne è che, nonostante in questo lavoro avesse preceduto lo stesso pioniere danese, Garbasso non tornò a lavorare su questi temi in seguito, preferendo occuparsi di fisica classica.

Anche nell'immediato dopoguerra vi fu scarsa attenzione verso i risultati ottenuti fino a quel momento nell'ambito della prima teoria dei quanti, fatta eccezione per le sue implicazioni nell'ambito della spettroscopia (Rita Brunetti) e della teoria chimica della valenza (Giacomo Luigi Ciamician, Maurizio Padoa, Adolfo Campetti). Particolarmente significativo fu il ruolo di Rita Brunetti. Laureata a Pisa con Angelo Battelli nel 1913 su temi di spettroscopia, nel 1915 divenne assistente di Garbasso (che a sua volta aveva collaborato con Battelli), continuando a impegnarsi in ricerche di spettroscopia, e a partire dal 1918, unica in Italia, iniziò a interpretare i risultati sperimentali alla luce della teoria dei quanti; nel 1921 scrisse un articolo di rassegna sul nucleo atomico, esprimendo grande apprezzamento per la teoria di Bohr¹¹.

Si trattava comunque di un'adesione puramente strumentale e priva di qualunque attenzione alle problematiche strettamente teoriche sollevate dalla quantizzazione. Paradossalmente questo atteggiamento favorì un'accettazione per così dire passiva della meccanica quantistica, cosa che invece non avvenne per lungo tempo nei confronti della relatività einsteiniana, verso la quale i pregiudizi filosofici sulla natura dello spazio e del tempo generarono un muro di ostilità anche da parte di fisici di grande autorevolezza, come Quirino Majorana. In questo stesso spirito, quando dopo il 1925 si affermò la nuova teoria dei quanti - la *meccanica quantistica*, secondo il nome coniato da Max Born nel 1924¹² - per alcuni risultò più facile accettare l'approccio matriciale di Werner Heisenberg rispetto alla meccanica ondulatoria di Erwin Schrödinger, fondata sul concetto di funzione d'onda e avvertita come troppo teorica e speculativa.

⁷ A. Garbasso, *Le scariche oscillanti nei sistemi di conduttori complessi e la teoria elettromagnetica dell'analisi spettrale*, «Il Nuovo Cimento», 8, 1904, pp. 344-364 e pp. 393-424; A. Garbasso, *Le scariche oscillanti nei sistemi di conduttori complessi e la teoria elettromagnetica dell'analisi spettrale. Capitolo quarto*, «Il Nuovo Cimento», 9, 1905, pp. 31-53 e pp. 113-150; A. Garbasso, *Vorlesungen über theoretische Spektroskopie*, Leipzig 1906; A. Garbasso, *La struttura degli atomi materiali. Conferenza tenuta al Congresso di Firenze della Società per il Congresso delle Scienze*, «Il Nuovo Cimento», 17, 1909, pp. 117-143.

⁸ O.M. Corbino, *Il fenomeno Zeeman e il secondo principio della termodinamica*, «Il Nuovo Cimento», 16, 1908, pp. 124-129; O. M. Corbino, *L'ipotesi atomistica dell'energia raggianti*, «Il Nuovo Cimento», 17, 1909, pp. 256-264; O.M. Corbino, *La teoria dei quanti e le sue applicazioni all'ottica e alla termodinamica*, «Il Nuovo Cimento», 3, 1912, pp. 368-387.

⁹ A. Lo Surdo, *Sul fenomeno analogo a quello di Zeeman nel campo elettrico*, «Il Nuovo Cimento», 7 1914, pp. 335-337; A. Lo Surdo, *Su l'analogo elettrico del fenomeno di Zeeman effetto longitudinale*, «Il Nuovo Cimento», 7, 1914, pp. 344-346..

¹⁰ A. Garbasso, *Sopra il fenomeno di Stark-Lo Surdo*, «Il Nuovo Cimento», 1914, pp. 338-343; A. Garbasso, *Ancora sul fenomeno Stark-Lo Surdo*, «Il Nuovo Cimento», 1914, pp. 354-356.

¹¹ R. Brunetti, *Il nucleo atomico*, «Il Nuovo Cimento», 22, 1921, pp. 215-241.

¹² M. Born, *Über Quantenmechanik*, «Zeitschrift für Physik», 26, 1924, pp.379-395.

La meccanica quantistica (1925) e il primo concorso di fisica teorica

La prima diffusione della meccanica quantistica di Heisenberg e Schrödinger e la nascita delle prime cattedre di fisica teorica in Italia sono processi largamente paralleli, legati alle stesse figure di scienziati. Sono quindi temi che meritano di essere trattati in modo unitario, focalizzando l'attenzione su coloro che vinsero il primo concorso e si fecero immediatamente portatori delle nuove idee nel mondo della fisica italiana: si tratta di Enrico Fermi, Enrico Persico e Aldo Pontremoli, di cui più avanti ripercorreremo brevemente il curriculum fino ai primi anni Trenta.

Merita infatti notare che la diffusione della meccanica quantistica fu strettamente legata alla comparsa sulla scena di una nuova generazione di giovani fisici (molti di loro men che trentenni), aperti alle nuove idee fisiche sviluppate soprattutto in Germania, mentre tra i cattedratici in servizio fino al 1926, fatte salve le già menzionate (e significative) eccezioni di Corbino e Garbasso, non vi fu alcun coinvolgimento scientifico diretto nella rivoluzione concettuale in corso in quegli anni.

Ma per raccontare come si giunse nel 1926 al primo concorso di fisica teorica italiano bisogna fare un piccolo passo indietro, descrivendo ciò che accadde nel concorso per professore straordinario di fisica matematica richiesto dall'Università di Cagliari nel 1925¹³. La commissione era così costituita:

- Giovanni Guglielmo (1853-1935), fisico sperimentale, Preside della Facoltà di Cagliari;
- Tullio Levi-Civita (1873-1941), ordinario di meccanica razionale a Roma;
- Roberto Marcolongo (1862-1943), ordinario di meccanica razionale a Napoli;
- Carlo Somigliana (1860-1955), ordinario di fisica matematica a Torino;
- Vito Volterra (1860-1940), ordinario di fisica matematica a Roma.

Impossibile quindi immaginare per l'epoca una commissione accademicamente più autorevole. I candidati furono Sante Luigi Da Rios (1881-1965), Enrico Fermi (1901-1954), Giovanni Giorgi (1871-1950), Mario Pascal (1896-1949), Enrico Persico (1900-1969), Francesco Sbrana (1891-1959), Rocco Serini (1886-1964), Angelo Tonolo (1885-1962).

Abbiamo voluto sottolineare i dati anagrafici dei commissari e dei concorrenti in quanto l'età media dei primi (circa 64 anni) li rendeva esponenti di una generazione che, come abbiamo accennato, nel suo complesso aveva vissuto con una grande difficoltà di natura culturale l'irrompere nel mondo della fisica delle nuove e rivoluzionarie teorie apparse nei primi decenni del XX secolo.

A sua volta l'età media dei concorrenti (oltre 36 anni) rendeva i venticinquenni Fermi e Persico dei veri e propri *outsider* dal punto di vista anagrafico.

Ad eccezione di Giorgi (laureato in ingegneria civile) e di Fermi e Persico (laureati in fisica) tutti gli altri candidati erano laureati in matematica. Vale comunque la pena di notare che all'epoca Fermi era incaricato di meccanica razionale e di fisica matematica a Firenze e dal gennaio 1925 possedeva la libera docenza in fisica matematica, mentre Persico era assistente di Volterra alla cattedra di fisica matematica di Roma.

Si deve tener presente che, mentre spesso i ternati avevano la possibilità di essere chiamati in altre sedi, nel caso specifico non essendoci in Italia altre cattedre scoperte di fisica matematica, soltanto il primo vincitore aveva la possibilità di andare in cattedra.

La commissione riconobbe all'unanimità che due candidati, Fermi e Giorgi, risultavano decisamente superiori a tutti gli altri e pertanto il vincitore doveva essere scelto tra loro due. Quanto al terzo posto, sempre all'unanimità si stabilì che dovesse essere conteso tra Persico e il migliore del gruppo dei «matematici», tra i quali comunque emergeva Serini.

¹³ S. Graffi, *Considerazioni sulla grandezza e decadenza dei concorsi universitari in Italia*, «Quaderni di storia» 71, 2010, pp. 77-110.

Ci fu una chiara spaccatura nella commissione quando si trattò di individuare il criterio prevalente con cui doveva essere attribuito il primo posto. La votazione finale vide prevalere Giorgi con tre voti, mentre a Fermi ne furono attribuiti due, di cui uno certamente di Levi-Civita e l'altro molto probabilmente di Volterra. Determinante fu quindi la scelta dell'unico fisico sperimentale presente in commissione, il Preside Guglielmo. Il terzo posto fu poi unanimemente attribuito a Serini.

L'esito del concorso scompaginò i piani di Orso Mario Corbino, già dal 1918 direttore del Regio Istituto fisico di via Panisperna a Roma, che quasi sicuramente, nel caso di una vittoria di Fermi, avrebbe poi cercato di farlo trasferire prima possibile all'ateneo della Sapienza. Nella sua ottica, assicurare la presenza di Fermi a Roma era un elemento cruciale per l'obiettivo di rendere l'Istituto fisico della Sapienza una delle istituzioni di ricerca all'avanguardia nel panorama non soltanto italiano. Date le circostanze verificatesi a Cagliari, Corbino non osava però promuovere il bando di una cattedra di fisica matematica per la Sapienza a fronte del rischio (evidentemente non infondato) che Fermi anche in questo caso non risultasse come primo vincitore. A quel punto la sua idea fu di chiedere che venisse istituita a Roma la prima cattedra italiana di fisica teorica.

Secondo quanto scrive Edoardo Amaldi, l'operazione di Corbino riuscì per la lungimiranza dei grandi matematici Guido Castelnuovo, Tullio Levi-Civita e Federigo Enriques, che acconsentirono alla messa a statuto della nuova disciplina e all'assegnazione ad essa di una cattedra messa a concorso. I tre matematici (tutti comunque in un modo o nell'altro professionalmente interessati ai nuovi sviluppi teorici della fisica), nella consapevolezza che la «nuova» fisica teorica avrebbe non poco faticato a trovare un proprio spazio nel contesto della fisica matematica, si presero la non banale responsabilità di sollecitare la creazione di una cattedra che portava la nuova disciplina fuori dall'ambito matematico in cui, nella tradizione accademica italiana, si erano fino a quel momento collocate le ricerche ad essa riconducibili. Una tale scelta non mancò certo di suscitare reazioni negative nel mondo accademico, come diversi anni più tardi sottolineava Carlo Somigliana, in un suo importante saggio sulla fisica matematica italiana¹⁴.

I lavori concorsuali si svolsero a Roma in quattro sedute nei giorni 1, 8 (due sedute, mattutina e pomeridiana) e 9 novembre del 1926. La commissione era così costituita:

- Michele Cantone (1857-1932), ordinario di fisica sperimentale a Pavia dal 1898, poi a Napoli dal 1904;
- Orso Mario Corbino (1876-1937), ordinario di fisica sperimentale a Messina dal 1905, poi a Roma dal 1908;
- Antonio Garbasso (1871-1933), ordinario di fisica sperimentale a Genova dal 1903, poi a Firenze dal 1913;
- Gian Antonio Maggi (1856-1937), ordinario di analisi infinitesimale a Messina dal 1886, poi di meccanica razionale a Pisa dal 1895 e infine di fisica matematica a Milano dal 1924;
- Quirino Majorana (1871-1957), ordinario di fisica sperimentale al Politecnico di Torino dal 1914, poi a Bologna dal 1922.

Anche questa volta ci troviamo quindi di fronte ai più autorevoli esponenti nazionali della propria disciplina (in questo caso la fisica sperimentale). L'età media era intorno ai 60 anni, ma almeno i tre più giovani (Q. Majorana, Garbasso e Corbino) avevano effettuato anche ricerche pienamente collocabili entro le linee di sviluppo della fisica contemporanea.

I concorrenti furono soltanto quattro: Carlo del Lungo (1867-1950), Aldo Pontremoli (1896-1928), Enrico Persico ed Enrico Fermi. Vale subito la pena di notare che in questo caso il vero *outsider*, non

¹⁴ C. Somigliana, *Fisica matematica*, in *Un secolo di progresso scientifico italiano*, Vol. I, SIPS, Roma 1939. Nello stesso volume compare anche l'ampia e puntuale rassegna di G. Polvani, *Fisica*.

soltanto anagrafico, era Del Lungo, non soltanto cinquantenne a fronte di tre di età compresa tra i 25 e i 30 anni, ma anche scientificamente lontano dalle problematiche più recenti della fisica teorica, essendosi al più occupato della teoria cinetica dei gas, come si è visto, con una serie di articoli su «Il Nuovo Cimento».

In effetti la commissione giunse presto alla conclusione unanime che Del Lungo non potesse essere preso in considerazione agli effetti del concorso. Gli altri tre candidati erano invece tutti in qualche modo legati a Corbino, che era anche stato il relatore di Persico e Pontremoli. Nella prima seduta della commissione Garbasso fu nominato Presidente e Corbino Relatore. Nella seconda seduta furono esaminati i titoli di Fermi e di Persico, e la commissione unanime stabilì che «*Fermi è altamente meritevole di coprire la cattedra di Fisica Teorica messa a concorso, e [la commissione] ritiene di poter fondare su di lui le migliori speranze per l'affermazione e lo sviluppo futuro della fisica teorica in Italia*» e che «*egli è oggi il più preparato e il più degno per rappresentare il nostro Paese in questo campo di così alta e febbrile attività scientifica mondiale*». La commissione comunque riservò un giudizio positivo anche per Persico, notando che «*Persico rivela con la sua attività scientifica un perfetto possesso dello strumento matematico, una singolare chiarezza di mente, ingegno penetrante e una pregevole attitudine a impostare e risolvere i problemi trattati con equilibrata proporzione tra i mezzi impiegati e l'entità e il carattere dei risultati da raggiungere*». Nella terza seduta furono esaminati i titoli di Pontremoli, e il giudizio fu che «*Pontremoli dimostra coi suoi titoli larga e varia cultura, anche nei campi della fisica teorica moderna, ottima preparazione matematica, vivace ingegno, fervida fantasia e grande passione per la ricerca scientifica*». Seguirono le votazioni per la formulazione della graduatoria. Con la prima votazione si stabilì che tutti e tre i candidati fossero inclusi. Ci fu poi unanimità nel considerare Fermi al primo posto, mentre emerse un disaccordo sull'ordine in cui collocare Persico e Pontremoli, per cui Garbasso propose di procedere con la votazione. Fermi si classificò al primo posto con voto unanime, mentre per il secondo posto tre voti andarono a Persico e due a Pontremoli, che poi, come già di fatto informalmente convenuto, si vide attribuito all'unanimità il terzo posto. Nella quarta seduta Corbino lesse la relazione redatta da Garbasso che fu poi approvata e inviata al Ministero della pubblica istruzione.

I vincitori del concorso

Enrico Fermi

Nato a Roma il 29 settembre 1901, fu ammesso alla Scuola Normale Superiore nel 1918 e si laureò in fisica all'Università di Pisa il 4 luglio 1922 (relatore Puccianti). Fortemente interessato agli aspetti teorici della fisica, prima ancora di laurearsi studiò da autodidatta la relatività generale e la teoria dei quanti di Bohr e Sommerfeld, fornendo subito in entrambi i campi significativi contributi, tra cui merita segnalare la correzione delle discrepanze nella teoria delle masse elettromagnetiche (1922) e l'introduzione delle cosiddette «coordinate di Fermi» (1922).

Dopo la laurea, presentatosi a Corbino e ottenutane la stima, ottenne una borsa per l'estero che gli consentì nel 1923 un soggiorno a Gottinga presso Max Born (non particolarmente fruttuoso) e uno, più felice, a Leida da Paul Ehrenfest. In una serie di articoli pubblicati su «Il Nuovo Cimento» tra il 1923 e il 1924 presentò vari risultati relativi alla teoria quantistica di Bohr-Sommerfeld, e in particolare le *Considerazioni sulla quantizzazione dei sistemi che contengono degli elementi identici*¹⁵.

¹⁵ E. Fermi, *Considerazioni sulla quantizzazione dei sistemi che contengono degli elementi identici*, «Il Nuovo Cimento», 1, 1924, pp. 145-152.

Tornato in Italia, insegnò per un anno (1923/24) a Roma matematica per chimici, poi dal 1924 al 1926 fu incaricato di meccanica razionale e fisica matematica a Firenze. In quegli anni si impadronì rapidamente delle nozioni di base della nuova teoria dei quanti e giunse a formulare la statistica delle particelle identiche soggette a un principio di esclusione (statistica di Fermi-Dirac, 1926).

Nel 1926, al termine del concorso, fu immediatamente chiamato all'Istituto di fisica della Sapienza, dove si installò nell'autunno dello stesso anno. Nel frattempo aveva pubblicato, sempre su «Il Nuovo Cimento», gli articoli *Sulla teoria dell'urto tra atomi e corpuscoli elettrici*¹⁶ e *Argomenti pro e contro la ipotesi dei quanti di luce*¹⁷, ancora collocati nell'alveo delle teorie di Einstein e Bohr. Anche il trattato del 1928 *Introduzione alla fisica atomica*¹⁸ è prevalentemente dedicato alle vecchie teorie: soltanto una trentina di pagine finali è dedicata alla meccanica quantistica, peraltro senza nessuna discussione sui suoi fondamenti. È singolare che il primo articolo di Fermi relativo alla nuova teoria dei quanti, apparso nei primi mesi del 1926 a pochissima distanza dalla comparsa del lavoro di Schrödinger¹⁹, fu pubblicato soltanto in tedesco in «Zeitschrift für Physik» con il titolo *Zur Wellenmechanik des Stossvorganges*²⁰ e non ebbe una versione italiana.

Negli anni immediatamente successivi Fermi produsse alcuni significativi contributi alla nuova teoria, tra cui l'articolo *Un metodo statistico per la determinazione di alcune proprietà dell'atomo*²¹ e il lavoro *Sopra l'elettrodinamica quantistica*²², fondamentale per lo sviluppo della teoria quantistica dei campi. Anche nel saggio del 1930 *L'interpretazione del principio di causalità nella meccanica quantistica*²³, Fermi assunse un atteggiamento strettamente pragmatico e non orientato ai fondamenti concettuali e filosofici della teoria. Nel 1933 formulò la teoria del decadimento beta, ma poi passò subito ad occuparsi di fisica nucleare, ottenendo gli straordinari risultati sperimentali che gli valsero il premio Nobel.

Enrico Persico

Nato a Roma il 9 agosto 1900 e amico di Fermi fin dall'adolescenza, studiò fisica alla Sapienza e vi si laureò il 22 novembre 1921, avendo come relatore Corbino. Nel 1921/22 fu assistente all'osservatorio di Roma, poi dal 1922 al 1927 fu assistente di Corbino, con alcuni incarichi didattici nei corsi di servizio. Secondo classificato al concorso per la prima cattedra italiana di fisica teorica nel 1926, prese immediatamente servizio all'Università di Firenze dove tenne il corso di fisica teorica dal 1926/27 al 1929/30.

Molto più interessato di Fermi alle implicazioni concettuali della nuova meccanica quantistica, e certamente influenzato, almeno indirettamente, dalle idee sostenute all'epoca dai pensatori di ambito neopositivista, Persico presto intervenne sui fondamenti della teoria anche con due articoli di rivista su «Il Nuovo Cimento», *La meccanica ondulatoria*²⁴ e *Recenti punti di vista sui fondamenti*

¹⁶ E. Fermi, *Sulla teoria dell'urto tra atomi e corpuscoli elettrici*, «Il Nuovo Cimento», 2, 1925, pp.143-158.

¹⁷ E. Fermi, *Argomenti pro e contro la ipotesi dei quanti di luce*, «Il Nuovo Cimento», 3, 1926, R47-R54.

¹⁸ E. Fermi, *Introduzione alla fisica atomica*, Zanichelli, Bologna 1928.

¹⁹ E. Schrödinger, *Quantisierung als Eigenwertproblem*, «Annalen der Physik» 384, 1926, pp. 361-376; E. Schrödinger, *An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules*, «Physical Review», 28, 1926, pp. 1049-1070

²⁰ E. Fermi, *Zur Wellenmechanik des Stossvorganges*, «Zeitschrift für Physik» 40, 1926, p. 399-402.

²¹ E. Fermi, *Un metodo statistico per la determinazione di alcune proprietà dell'atomo*, «Rendiconti della Regia Accademia Nazionale dei Lincei», 6, 1927, pp. 602-607.

²² E. Fermi, *Sopra l'elettrodinamica quantistica*, «Rendiconti della Regia Accademia Nazionale dei Lincei», 9, 1929, pp. 881-887.

²³ E. Fermi, *L'interpretazione del principio di causalità nella meccanica quantistica*, «Il Nuovo Cimento», 7, 1930, pp. 361-66.

²⁴ E. Persico, *La meccanica ondulatoria*, «Il Nuovo Cimento», 4, 1927, R17-R25.

della fisica²⁵, e con l'articolo *Sulla relazione $E=h\nu$ nella meccanica ondulatoria*²⁶, mentre non risultano all'epoca suoi significativi contributi alle applicazioni della teoria.

Nel 1930 Persico si trasferì sulla cattedra di fisica teorica dell'Università di Torino, dove rimase fino al 1950, per poi trasferirsi a Roma.

Aldo Pontremoli

Nato a Milano il 19 gennaio 1896, dopo un primo biennio al Politecnico di Milano si trasferì a Roma, dove si laureò in fisica nel 1920. Fu assistente all'Istituto di fisica di Roma dal 1921 al 1924, poi incaricato di fisica complementare (e direttore incaricato del relativo Istituto) a Milano dal 1924 al 1929. Fu il terzo vincitore del concorso del 1926, ma la sua chiamata sulla cattedra di fisica teorica di Milano incontrò ostacoli accademici, mentre il corso di fisica teorica gli fu comunque affidato per incarico per l'anno accademico 1927/28, ma all'inizio del 1928 decise di partecipare alla spedizione polare di Umberto Nobile e perì nel Mar di Barents il 25 maggio nel corso della tragedia che travolse la spedizione. Anche se non ebbe modo di fornire contributi originali alla moderna meccanica quantistica, come dimostra la lista delle sue pubblicazioni, apparse quasi esclusivamente negli Atti della Reale Accademia dei Lincei, Pontremoli manifestò viva attenzione alle nuove teorie fin dalla loro nascita e ne seguì con attenzione gli sviluppi, come emerge anche dal suo articolo *Sul neutrone del Rutherford*²⁷ (Pontremoli 1923) e dai libretti delle sue lezioni²⁸.

La diffusione della meccanica quantistica nelle principali sedi fino alla II Guerra Mondiale

La penetrazione delle nuove idee nei maggiori Atenei italiani non fu simultanea, soprattutto nei casi in cui non esisteva né una cattedra né un incarico di fisica teorica, per cui spesso il riferimento alla meccanica ondulatoria e alla meccanica di Heisenberg era affidato ai corsi di fisica superiore o a quelli di fisica matematica. Vale quindi la pena di esaminare separatamente le singole situazioni, evidenziando quelle in cui, a livello di ricerca o anche soltanto a livello didattico, si abbia evidenza di un'effettiva assimilazione dei nuovi concetti.

Va notato che elementi della cosiddetta vecchia teoria dei quanti – quantizzazione secondo Bohr-Sommerfeld, quantizzazione della radiazione elettromagnetica e teoria del corpo nero - erano già entrati a far parte dei corsi sperimentali in vari atenei italiani, in alcuni casi già poco dopo la fine della prima guerra mondiale. Si trattava, naturalmente, di un approccio fenomenologico e sperimentale, in linea con l'attitudine diffusa nella comunità dei fisici italiani.

Con il graduale affermarsi della meccanica quantistica, nella seconda metà degli anni venti, e l'istituzione delle prime cattedre di fisica teorica accanto alla prima teoria dei quanti cominciano lentamente a farsi strada nelle lezioni i concetti della meccanica quantistica.

In questo contesto occorre notare che l'accettazione dell'esistenza della nuova disciplina a livello accademico non fu certamente né immediata né generalizzata. Ne sia prova il fatto che trascorsero ben dieci anni prima che fosse bandito un secondo concorso di fisica teorica, nel 1937.

Il concorso del 1937 fu preceduto dall'attribuzione a Ettore Majorana (1906-1938?) di una cattedra per chiara fama destinata alla sede di Napoli, e fu vinto da Giovanni Gentile jr (1906-1942), Giulio Racah (1909-1965) e Gian Carlo Wick (1909-1992), chiamati poi rispettivamente nelle sedi di Milano, Pisa e Palermo.

²⁵ E. Persico, *Recenti punti di vista sui fondamenti della fisica*, «Il Nuovo Cimento», 5, 1928, R117-R128.

²⁶ E. Persico, *Sulla relazione $E=h\nu$ nella meccanica ondulatoria*, «Il Nuovo Cimento», 7, 1930, pp. 344-347.

²⁷ A. Pontremoli, *Sul neutrone del Rutherford*, «Atti della Reale Accademia nazionale dei Lincei. Rendiconti», XXXII, 1923, pp. 277-280.

²⁸ L. Gariboldi, *Il primo concorso di fisica teorica: il caso di Aldo Pontremoli* (preprint 2019, in corso di pubblicazione in «Quaderni di Storia della Fisica») 23, 2020.).

Riportiamo in ordine cronologico gli atenei dove cominciarono a tenersi corsi di fisica teorica per gli studenti universitari, coprendo il periodo fino al 1947, quando si svolse finalmente il terzo concorso a cattedra di fisica teorica, essendosi per vari motivi già esaurite le prime due generazioni di ordinari.

Napoli

L'Università di Napoli fu la prima sede accademica italiana in cui ebbe luogo un corso per incarico esplicitamente intitolato «Fisica teorica». Il docente incaricato fu Antonio Carrelli (1900-1980), che tenne le lezioni a partire dall'anno 1925 e fino al 1950, con due interruzioni negli anni Trenta: tra il 1931 e il 1932, quando si trasferì prima a Catania, avendo vinto il concorso a cattedra di Fisica sperimentale, e poi a Utrecht, per un periodo di studio; e nell'anno accademico 1937-38, quando fu istituita la cattedra di fisica teorica assegnata per chiara fama ad Ettore Majorana. Dopo la scomparsa di Majorana, Carrelli tenne di nuovo le lezioni in parallelo al corso di fisica sperimentale. È da notare che, fin dal 1925 e certamente durante gli anni '30, il corso di fisica teorica a Napoli era biennale ed era dedicato agli studenti del terzo e quarto anno del corso di laurea quadriennale in fisica²⁹. Non abbiamo indicazioni che Carrelli tenesse lezioni di fisica dei quanti all'interno del suo corso negli anni '20, perché non sono purtroppo reperibili le dispense o i libretti delle lezioni relative a quel periodo, ma possiamo seguire l'evoluzione dei suoi interessi grazie alle pubblicazioni³⁰.

Un lavoro che ben rappresenta la sua attenzione verso i nuovi sviluppi della teoria dei quanti al volgere degli anni Venti è *La teoria quantistica. Esposizione critica della nuova fisica*, pubblicato nel 1931 tra le *Memorie della Pontificia Accademia delle Scienze*³¹. Il saggio di Carrelli era risultato uno dei tre vincitori del concorso *Dissertatio critica circa theoriam quantorum in physica*, bandito dalla stessa Accademia in occasione del giubileo sacerdotale di Papa Pio XI, nel 1929. L'Accademia, presieduta dal gesuita Giuseppe Gianfranceschi, aveva messo in palio ben 10000 lire per il concorso: il premio andò per metà a Gleb Wataghin e l'altra metà divisa tra Antonio Carrelli e Paolo Straneo. Carrelli distingue tre periodi di sviluppo della nuova fisica, la «*fisica quantistica*»: il «*periodo preparatorio*», che va dalla «*prima enunciazione della idea della discontinuità*»³², alla «*prima formulazione della teoria di Bohr*»³³; il periodo della spettroscopia teorica, che comincia nel 1914 e termina ai primi lavori di meccanica quantistica di Heisenberg e Louis De Broglie del 1925; infine, il «*periodo della meccanica quantistica*», che Carrelli descrive come *ancora in pieno sviluppo*.

Nella sua memoria del 1931 Carrelli analizza criticamente lo sviluppo degli esperimenti e dei modelli nati in seno alla nuova fisica, arrivando a descrivere sia la meccanica delle matrici che la teoria di Schrödinger e analizzando i «*rapporti tra le due meccaniche quantiche*». Segue la dimostrazione di Carrelli dell'equivalenza delle formulazioni: «*dalla conoscenza delle grandezze dell'una si può passare alla determinazione delle grandezze dell'altra*».

²⁹ Il corso di fisica teorica era invece a scelta per gli studenti degli ultimi due anni del corso di laurea in matematica.

³⁰ Contributi pubblicati da Carrelli su «Il Nuovo Cimento» negli anni Venti: *La decomposizione elettrica delle righe spettrali*, 25 (1923) 213-229; *Sulla ruota di Barlow*, 1 (1924) 369-385; *Sul valore delle energie caratteristiche dei livelli X*, 3 (1926) 144-151; *Sulle righe semiottiche*, 3 (1926) 247-253; *Sul teorema della concordanza delle fasi di De Broglie*, 4 (1927) 137-141; *Sul fenomeno di Compton*, 4 (1927) 142-145; *Sulle nuove statistiche*, 4 (1927) 282-288; *Sul calcolo dell'energia di dissociazione delle molecole biatomiche*, 5 (1928) 9-13; *Sulle relazioni intercedenti fra le varie statistiche e la meccanica ondulatoria*, 5 (1928) 73-76; *Sull'enunciato del principio di Nernst*, 5 (1928) 341-346; *Le nuove concezioni statistiche*, 5 (1928) R1-R14; *Sull'allargamento delle righe per risonanza*, 6 (1929) 281-288; *Aspetti dell'indagine fisica*, 6 (1929) R45-R54; *La teoria dei quanti di luce*, 6 (1929) R77-R90.

³¹ A. Carrelli, *La teoria quantistica. Esposizione critica della nuova fisica*, «Memorie della Pontificia Accademia delle Scienze», Serie II, Vol. XV, 1931.

³² M. Planck, *Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung*, «Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft zu Berlin» 2, 1900, p. 202; M. Planck, *Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspectrum*, «Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft zu Berlin» 2, 1900, p. 237.

³³ N. Bohr, *On the constitution of atoms and molecules*, «Philosophical Magazine», Series 6, Vol. 26, 1913, pp. 1-25.

Risale al 1932 un testo esplicitamente divulgativo di Carrelli intitolato *La teoria dei quanti*³⁴, in cui si dà un resoconto dettagliato delle conoscenze del tempo sulla struttura della materia, in una forma accessibile a tutti e priva di formule.

Le prime dispense note del corso su incarico di Carrelli sono le *Lezioni di fisica teorica* relative all'anno accademico 1933-34³⁵, seguite dalle Lezioni raccolte dalle dottoresse Bianca Scognamiglio e Paola Tulipano e pubblicate nel 1936³⁶. Le *Lezioni* del 1933-34 comprendono una prima parte dedicata alla relatività ristretta, che si chiude con la trattazione della dinamica relativistica. La seconda parte affronta argomenti di fisica statistica. La teoria quantistica dei calori specifici (teoria di Einstein-Debye) compare alla fine delle dispense del 1936, mentre la seconda parte delle *Lezioni* del 1942³⁷ è dedicata alla radioattività e alla struttura atomica, con la teoria dell'atomo planetario³⁸. È interessante notare che la fenomenologia atomica e la sua interpretazione nell'ambito della vecchia teoria dei quanti di Bohr-Sommerfeld rappresentano gli argomenti delle prime lezioni del corso di Ettore Majorana a Napoli nel 1938, lezioni in buona parte mutate dal corso tenuto da Fermi nel 1927-28 a Roma e seguito dallo stesso Majorana³⁹. A parte la brevissima parentesi di Majorana, quindi, le nozioni della fisica quantistica apparentemente permearono le lezioni di fisica teorica a Napoli solamente negli anni '40, un ritardo che rispecchia la predilezione di Carrelli verso argomenti legati alla struttura della materia e alla meccanica statistica.

Roma

Per quanto riguarda la prima ricezione a Roma della vecchia teoria dei quanti, abbiamo visto come Corbino stesso avesse scritto nel 1909 un articolo su «Il Nuovo Cimento», intitolato *L'ipotesi atomistica dell'energia raggiante*⁴⁰. Sempre nel 1909 pubblicò sulla stessa rivista un estratto da una sua lettera a Tullio Levi-Civita *Sulla natura corpuscolare delle radiazioni elettriche*⁴¹. La sua attività di ricerca non si orientò negli anni successivi sulla fisica dei quanti, ma abbiamo già sottolineato l'importanza della sua azione politica per promuovere la formazione di una moderna scuola di fisica a Roma. Significativo è anche il suo articolo *La crisi odierna della fisica* apparso su «Il Nuovo Cimento» nel 1927⁴².

Prima di Fermi, a Roma nozioni di teoria dei quanti erano presenti nel corso di fisica sperimentale complementare di Antonino Lo Surdo (1880-1949). Lo Surdo era salito sulla cattedra romana di fisica complementare nel gennaio 1919 e dall'anno accademico 1918-19 aveva tenuto il relativo corso

³⁴ A. Carrelli, *La teoria dei quanti*, Paolo Cremonese Editore, Roma 1932.

³⁵ Le dispense delle lezioni di Antonio Carrelli qui citate ci sono state gentilmente mostrate dal Prof. Roberto Raimondi dell'Università Roma Tre, che ne possiede copia personale. Le *Lezioni* del 1933-34 non riportano il nome di alcuna tipografia o casa editrice.

³⁶ A. Carrelli, *Lezioni di fisica teorica raccolte dalle Dott.e B. Scognamiglio e P. Tulipano*, G. U. F. «Mussolini» Sezione editoriale, Napoli 1936.

³⁷ A. Carrelli, *Lezioni di fisica teorica raccolte dalla Dott.ssa L. Mercogliano*. Teoria cinetica dei gas e radioattività, G.U.F. «Mussolini» Sezione editoriale, Napoli 1942.

³⁸ Le *Lezioni di fisica teorica* pubblicate nel 1937 sono interamente dedicate alla termodinamica classica. Le lezioni del 1941 raccolte dalla dottoressa Laura Mercogliano sono dedicate interamente alla teoria della relatività. Nelle *Lezioni di fisica teorica* pubblicate nel 1942, raccolte dalla dottoressa Laura Mercogliano, si trovano tre capitoli dedicati alla radioattività e alla struttura dell'atomo, a partire dalla trattazione dei raggi catodici e della determinazione della carica elettrica elementare. I primi quattro capitoli delle *Lezioni* sono al solito dedicati alla fisica dei gas e dei liquidi, alla teoria cinetica del corpo solido e ai moti browniani.

³⁹ A. De Gregorio, S. Esposito, *Teaching Theoretical Physics: the cases of Enrico Fermi and Ettore Majorana*, «American Journal of Physics» 75, 2007, p. 781.

⁴⁰ O.M. Corbino, *L'ipotesi atomistica dell'energia raggiante*, «Il Nuovo Cimento», 17, 1909, pp. 256-264;

⁴¹ O.M. Corbino, *Sulla natura corpuscolare delle radiazioni elettriche*. (Estratto da una lettera al prof. T. Levi-Civita), «Il Nuovo Cimento», 18, 1909, pp. 197-199;

⁴² O.M. Corbino, *La crisi odierna della fisica*, «Il Nuovo Cimento», 4, 1927, R161-R170.

all'ateneo della Sapienza. Se il primo anno le sue lezioni vertevano – come si legge dal libretto delle lezioni – in prevalenza sull'ottica fisica⁴³, già a partire dal 1919-20 il corso include argomenti nuovi: «l'esperienza con lo spettroscopio a gradinata di Michelson e l'osservazione del fenomeno di Zeeman, l'emissione e l'assorbimento (legge di Kirchhoff), il corpo nero»⁴⁴. Le lezioni dell'anno accademico 1920-21 si arricchiscono di argomenti di spettroscopia atomica e teoria dei quanti, da un punto di vista sperimentale e fenomenologico: «serie di Balmer, formule di Kayser e Runge e di Rydberg, relazioni fra gli spettri degli elementi di uno stesso gruppo, l'analogo elettrico del fenomeno di Zeeman (oggi noto come effetto Stark-Lo Surdo), esperienze sulla scarica, raggi catodici, raggi positivi, determinazione del rapporto tra carica e massa dell'elettrone (esperienza di Wien), esperienza di G. P. Thomson sullo spettro dell'idrogeno, sostanze radioattive, raggi beta e gamma, raggi alpha, emanazione del radio e costante radioattiva, equilibrio radioattivo, vita media e proprietà del radio, dall'uranio al radio per successive disintegrazioni». Nell'anno accademico 1922-23 il corso prende il nome di fisica superiore e complementi di fisica. Prevengono le esperienze sui fenomeni elettromagnetici, in particolare sull'induzione e sulla mobilità degli ioni in campo elettrico, ma vengono trattati anche argomenti come la teoria di Bragg, lo spettrometro a raggi X, la legge di Moseley, l'ipotesi di Planck e il limite dello spettro X continuo. Nell'anno accademico 1925-26 il programma del corso include ancora lo studio della radioattività, come nel 1920-21, comprendendo anche le esperienze di Rutherford e Geiger per contare le particelle alpha, lo studio della natura delle particelle alpha e dell'elio emanato dal radio.

Con l'istituzione della cattedra di fisica teorica a Roma si diede inizio al relativo corso già a partire dall'anno accademico 1926-27. Le lezioni di fisica teorica tenute da Fermi nel 1926-27 e 1927-28 ricalcavano l'evoluzione della prima teoria dei quanti (di seguito sono sottolineati gli argomenti che si aggiungono nel 1927-28): fisica dei gas e teorema di equipartizione dell'energia, raggi catodici e determinazione carica elettrica, nozioni di radioattività, i nuclei positivi e il modello atomico di Rutherford, le equazioni di Maxwell, l'effetto fotoelettrico e la teoria dei quanti di luce, l'effetto Compton, i livelli energetici dell'atomo e il meccanismo di Bohr per l'emissione e l'assorbimento della luce, lo spettro dell'atomo di idrogeno, le serie di Balmer, calcolo del numero di Rydberg, effetto Stark e Zeeman normale e anomalo, magnetone di Bohr, teoria quantistica dell'effetto Zeeman ed esperienza di Stern e Gerlach, ipotesi dell'elettrone rotante, teoria quantistica dell'atomo di idrogeno, spettro di He⁺, struttura degli spettri dei metalli alcalini.

Soltanto a partire dal 1928-29 Fermi incluse nel corso la meccanica ondulatoria, che nella sua *Introduzione alla fisica atomica*⁴⁵ occupa l'ultimo dei dieci capitoli.

Tra i più attivi studiosi della teoria dei quanti a Roma troviamo un gesuita, Giuseppe Gianfranceschi (1875-1934), professore di astronomia (1915-26) e fisica (1921-22) all'Università gregoriana e presidente della Pontificia Accademia delle Scienze dal 1919 al 1934. Non è un caso che sotto la sua presidenza l'Accademia bandì il già citato concorso per la migliore dissertazione critica sulla nuova fisica, vinto nel 1931 da Wataghin, Carrelli e Straneo. Gianfranceschi ebbe una posizione estremamente critica rispetto alla fisica quantistica sin dalla sua prima formulazione e continuò a seguirne con attenzione gli sviluppi anche nel corso degli anni venti. Egli stesso pubblicò alcuni

⁴³ Nel libretto delle lezioni di fisica sperimentale complementare relativo all'anno accademico 1918-19, Lo Surdo riportò i seguenti argomenti, tra gli altri trattati nel suo corso: specchi di Fresnel, esperienza di Young, anelli di Newton, interferometro di Michelson, diffrazione da fenditure, potere dispersivo e potere risolutivo di un reticolo, polarizzazione circolare ed ellittica.

⁴⁴ A. Lo Surdo, *Libretti delle lezioni degli anni accademici 1918-19 e 1919-20*, Archivio di Rettorato dell'Università Sapienza di Roma.

⁴⁵ E. Fermi, *Introduzione alla fisica atomica*, Zanichelli, Bologna 1928.

articoli su «Il Nuovo Cimento»⁴⁶, riguardanti l'interpretazione dei dati spettroscopici e la struttura dell'atomo. Gianfranceschi prese parte al Congresso internazionale dei fisici che si tenne a Como nel 1927, a 100 anni dalla morte di Alessandro Volta. Il congresso era destinato a divenire famoso, poiché riunì molti dei protagonisti della nuova fisica. Qui Gianfranceschi poté ascoltare Bohr introdurre il nuovo concetto di complementarità. Al congresso presentò inoltre le proprie personali riflessioni nel discorso *Il significato fisico della teoria dei quanti* (Bologna 1928). Le sue riflessioni più mature sulla nuova fisica sono contenute in *Capitoli di fisica contemporanea* (Roma 1932), in cui riconosce l'impossibilità di ricondurre alcuni fenomeni ai modelli della fisica classica, ma ribadisce che non esiste ancora un quadro teorico adeguato a spiegarli.

Nel contesto romano della fisica teorica non si deve poi dimenticare la presenza di Ettore Majorana (1906-1938?), che oltre agli importanti contributi teorici⁴⁷ ebbe occasione di presentare all'Ateneo ben tre programmi per corsi di contenuto teorico, da svolgersi in qualità di libero docente, con titoli *Metodi matematici della meccanica quantistica*, *Metodi matematici della fisica atomica*, *Elettrodinamica quantistica*, rispettivamente per gli anni accademici 1933/34, 1935/36 e 1936/37. Nessuno di questi corsi fu però tenuto effettivamente.

Dopo la partenza di Fermi nel dicembre 1938 e un breve periodo in cui il corso di fisica teorica fu tenuto per incarico da Bruno Ferretti⁴⁸ (1913-2010), alla cattedra romana di fisica teorica succedette nel 1940 Giancarlo Wick, che lasciava così Padova e che tenne il corso fino al 1946, quando a sua volta lasciò l'Italia per trasferirsi negli Stati Uniti.

Firenze

Fu una sede in qualche modo privilegiata, dapprima per la presenza di Fermi poi per quella di Persico. Va inoltre ricordato Lo Surdo compì la scoperta dell'effetto che porta il suo nome nel 1914, quando era aiuto al gabinetto di Fisica di Firenze.

Il corso di Fisica teorica fu tenuto da Enrico Persico negli A.A. 1926/27, 1927/28 e 1928/29. Nel primo anno il corso coprì soltanto argomenti di elettromagnetismo classico, mentre nel 1927/28 furono introdotti diversi argomenti di (vecchia) fisica quantistica: modello atomico di Rutherford, teoria di Planck del corpo nero, quantizzazione alla Bohr-Sommerfeld, serie spettrali, principio di Pauli. Finalmente nel 1928/29 fu introdotta anche la nuova meccanica quantistica (lezioni 47-64)⁴⁹. Nel 1929 Persico pubblicò le dispense del corso con il titolo *Lezioni di meccanica ondulatoria*⁵⁰, redatte da Bruno Rossi (1905-1993) e Giulio Racah.

⁴⁶ G. Gianfranceschi pubblicò su «Il Nuovo Cimento» i seguenti lavori inerenti la nuova fisica: *Sulle cause d'allargamento delle righe spettrali*, 18, 1919, pp. 57-72; *Sulla distribuzione dell'energia nello spettro normale*, 3, 1926, pp. 259-266; *La struttura dell'atomo*, 3, 1926, R55-R61; *La struttura dell'atomo e l'emissione della luce*, 3, 1926, R71-R78.

⁴⁷ Lavori di Ettore Majorana pubblicati su «Il Nuovo Cimento»: *Sulla formazione dello ione molecolare di elio*, 8, 1931, pp. 22-28; *I presunti termini anomali dell'elio*, 8, 1931, pp. 78-83; *Teoria dei tripletti P' incompleti*, 8, 1931, pp. 107-113; *Atomi orientati in campo magnetico variabile*, 9, 1932, pp.43-50; *Teoria relativistica di particelle con momento intrinseco arbitrario*, 9, 1932, pp. 335-344; *Teoria simmetrica dell'elettrone e del positrone*, 14, 1937, pp. 171-184. Altre pubblicazioni: *Sullo sdoppiamento dei termini Roentgen ottici a causa dell'elettrone rotante e sulla intensità delle righe del Cesio*, (con G. Gentile jr), «Rendiconti dell'Accademia dei Lincei», 8, 1928, pp. 229-233; *Reazione pseudopolare fra atomi di Idrogeno*, «Rendiconti dell'Accademia dei Lincei», 13,1931, pp. 58-61; *Über die Kerntheorie*, «Zeitschrift für Physik», 82, 1933, pp. 137-145; *Sulla teoria dei nuclei*, «La Ricerca Scientifica», 4(1), 1933, pp.559-565 (versione italiana del precedente)

⁴⁸ Era stato Fermi stesso a indicare Bruno Ferretti come suo sostituto per l'incarico del corso di fisica teorica durante la sua assenza «temporanea». La Facoltà di scienze della Sapienza conferì quindi a Ferretti l'incarico per l'anno 1938-39 (E. Amaldi, *The years of reconstruction*, 1978).

⁴⁹ E. Persico, *Programmi dei corsi*, Annuari dell'Università di Firenze per gli A.A. 1926/27, 1927/28 e 1928/29.

⁵⁰ E. Persico, *Lezioni di meccanica ondulatoria*, Filippini, Firenze 1929.

Dopo la partenza di Persico il corso di fisica teorica fu affidato per incarico a Bruno Rossi dal 1931/32 al 1933/34, e in seguito a Giulio Racah dal 1934/35 al 1937/38 e dal 1939 a Tito Franzini (1902-1989).

Bologna

La teoria dei quanti entra nei corsi istituzionali all'ateneo felsineo con Giulio Cesare Dalla Noce (1885-1969), che tenne il corso di fisica teorica all'Università di Bologna dal 1927 come incaricato. Assistente di ruolo dall'ottobre del 1922, fu promosso aiuto nel 1936, ruolo che mantenne fino al collocamento a riposo nell'ottobre del 1945. Dalla Noce non ebbe mai una cattedra universitaria⁵¹. Nel gennaio del 1930 introdusse per la prima volta nel suo corso nozioni della nuova teoria dei quanti, con una lezione dedicata alla meccanica ondulatoria e alla teoria quantistica alla Heisenberg⁵².

Significativo che una copia del suo manoscritto *Fisica teorica: quantica e chimica*⁵³, conservata nella biblioteca del Dipartimento di fisica della Sapienza a Roma, sia appartenuta a Enrico Persico e presenti una dedica da parte di Dalla Noce a quest'ultimo.

L'incarico di Fisica teorica per l'a.a. 1942/43 fu affidato a Bruno Ferretti, poi di nuovo a Dalla Noce per i due anni successivi, mentre per l'a.a. 1945/46 fu affidato a Gilberto Bernardini (1906-1995), ordinario di Fisica sperimentale, e per l'a.a. 1946/47 a Leonida Rosino (1915-1997).

Milano

Nel registro delle lezioni del corso di fisica complementare tenuto da Aldo Pontremoli nell'anno accademico 1926/27 (peraltro l'ultimo che egli poté completare) troviamo indicate alle date del 13 e 14 giugno 1927 la *Meccanica quantica di Heisenberg* e a quella del 15 giugno la *Meccanica ondulatoria dello Schrödinger*, in anticipo di un anno rispetto a Fermi e Persico.

Dopo la scomparsa di Pontremoli il corso di fisica teorica fu tenuto per incarico nell'A.A. 1928/29 da Bruno Finzi (1899-1974), che nelle ultime cinque lezioni trattò anche la meccanica ondulatoria e la meccanica di Heisenberg.

A partire dall'A.A. 1929/30 per alcuni anni il corso fu tenuto per incarico da Giovanni Polvani (1892-1970), che dal 1929 era titolare della cattedra di fisica sperimentale, ma aveva sempre manifestato anche interessi teorici, poi nell'A.A. 1936/37 il corso fu affidato per incarico a Giovanni Gentile.

Nel 1937 fu istituita la cattedra milanese di fisica teorica, che fu assegnata da Giovanni Gentile jr (1937-1942), primo vincitore del secondo concorso di fisica teorica. Nel 1942-43 non vi fu un incaricato del corso, mentre libero docente in Fisica teorica era Gaetano Castelfranchi (1892-1965), che redasse uno dei primi manuali di fisica quantistica in Italia⁵⁴, riedito in molte edizioni successive, tra cui l'ottava: *Fisica moderna. Atomistica e trasmutazioni nucleari*, del 1946⁵⁵.

Torino

Dal 1930 anche Torino ebbe la sua cattedra di fisica teorica, ricoperta da Enrico Persico fino al 1947. Prima ancora dell'arrivo di Persico merita ricordare, almeno per quanto riguarda la ricerca, diversi articoli di Gleb Wataghin (1899-1986) su «Il Nuovo Cimento» già a partire dal 1927⁵⁶.

⁵¹ Dalla Noce pubblicò su «Il Nuovo Cimento» due articoli su teorie quantistiche: *Sulle teorie quantiche della valenza*, 9, 1932, R185-R203; *Le particelle elementari nella teoria quantica relativistica di Eddington*, 16, 1939, pp. 305-323

⁵² G. C. Dalla Noce, *Registri delle lezioni di Fisica teorica 1927- 1937*, Archivio di Rettorato dell'Università di Bologna.

⁵³ G.C. Dalla Noce, *Fisica teorica: quantica e chimica. A.A. 1931/32*, R. Università di Bologna 1932.

⁵⁴ G. Castelfranchi, *Fisica Moderna. Versione Sintetica pianamente esposta della fisica di oggi e dei lavori teorici e sperimentali dei maggiori fisici contemporanei*, Hoepli, Milano 1929.

⁵⁵ G. Castelfranchi, *Fisica Moderna. Atomistica e trasmutazioni nucleari*, Hoepli, Milano 1946.

⁵⁶ Pubblicazioni di Gleb Wataghin su «Il Nuovo Cimento» negli anni '20 e '30:

I suoi lavori successivi sono pubblicati in gran parte su «Physical Review».

Va inoltre ricordato quanto già citato sopra, che Wataghin risultò vincitore di metà del premio *Dissertatio critica circa theoriam quantorum in physica*, bandito dalla Pontificia Accademia delle Scienze nel 1929, con la sua memoria *Dissertazione critica sulla teoria dei quanti*⁵⁷.

Pisa

La meccanica di Schrödinger comparve nel corso di fisica superiore tenuto da Luigi Puccianti (1875-1952) già nell'anno accademico 1927/28, e nel 1928/29 le formulazioni di Schrödinger e di Heisenberg furono presentate anche nel corso di fisica matematica tenuto da Orazio Lazzarino (1880-1963)⁵⁸.

Dal 1932 al 1936 l'incarico di fisica teorica fu affidato a Giovanni Gentile jr, poi dal 1936 al 1938 il corso passò a Giulio Racah, titolare della cattedra dal 1937, essendosi classificato al secondo posto dopo Giovanni Gentile nel secondo concorso a cattedra di fisica teorica.

Dopo l'espulsione di Racah nel 1938 a causa delle leggi razziali, a partire dal 1939 per molti anni (fino al 1955) l'insegnamento fu affidato per incarico a Tullio Derenzini (1906-1988)⁵⁹.

Padova

Negli anni accademici 1933/34 e 1934/35 il corso di fisica teorica fu affidato per incarico a Bruno Rossi (titolare della locale cattedra di Fisica sperimentale). Dal 1935/36 al 1937/38 ne fu incaricato Leo Pincherle (1910-1976), che però nel 1938 fu epurato, come lo stesso Rossi, a seguito delle leggi razziali ed emigrò in Gran Bretagna⁶⁰.

Nel 1938 fu poi istituita la cattedra di fisica teorica, su cui fu chiamato da Palermo Giancarlo Wick, che la tenne fino al 1940, per poi trasferirsi a Roma. Nel 1942/43 la cattedra fu coperta da Gleb Wataghin, proveniente da Sassari, dove aveva tenuto il corso di fisica per la Facoltà di Farmacia.

Catania

A partire dall'anno accademico 1935/36 il corso di fisica teorica fu affidato per incarico a Orazio Specchia (1890-1961), titolare della locale cattedra di Fisica sperimentale, che mantenne l'incarico fino al 1942, quando si trasferì a Pavia.

Genova

Dal 1936/37 fu incaricato del corso Paolo Straneo (1874-1968), titolare della cattedra di fisica matematica⁶¹. Ricordiamo che Paolo Straneo aveva vinto un quarto del premio *Dissertatio critica*

Sopra alcune ricerche sperimentali dirette a stabilire la natura corpuscolare della luce, 4, 1927; *Teoria della diffrazione svolta in base alla meccanica ondulatoria*, 4, 1927, pp. 32-38; *Determinazione sperimentale dei momenti magnetici degli atomi*, 4, 1927; *Sulla possibilità di conciliare la teoria ondulatoria delle interferenze luminose coll'ipotesi dei quanti di luce*, 4, 1927, pp. 315-320; *Sulla teoria dei quanti di luce*, 6, 1929, pp. 41-49; *Sulle relazioni di indeterminazione*, 7, 1930, pp. 392-395; (con Perucca E.) *Localizzazione dell'effetto Volta secondo Volta e secondo le più recenti teorie*, 7, 1930, pp. 337-343; *Sull'elettrodinamica relativistica e sull'irraggiamento nell'urto degli elettroni veloci*, 11, 1934, pp. 635-647; *Sulle relazioni di commutazione nell'elettrodinamica quantistica*, 12, 1935, pp. 290-293.

⁵⁷ G. Wataghin, *Dissertazione critica sulla teoria dei quanti*, «Memorie della Pontificia Accademia delle Scienze», Serie II, Vol. XVI, 1932.

⁵⁸ *Annuari dell'Università degli Studi di Pisa*.

⁵⁹ Derenzini pubblicò su «Il Nuovo Cimento» l'articolo *La teoria relativistica dell'elettrone*, 11, 1934, pp. 309-328, e alcuni articoli sul calcolo del fattore atomico su «Il Nuovo Cimento» 13, 1936: *Il fattore atomico per raggi Röntgen*, pp. 16-32; *Il fattore atomico per raggi Röntgen*, pp. 79-90, *Sul calcolo del fattore atomico di ioni positivi*, pp. 341-348, *Sul fattore atomico del mercurio*, pp. 423-425.

⁶⁰ Pincherle pubblicò diversi articoli di fisica quantistica su «Il Nuovo Cimento» tra il 1933 e il 1937.

⁶¹ Straneo pubblicò su «Il Nuovo Cimento» l'articolo *La teoria dei quanta e i suoi nuovi indirizzi*, 5, 1928, R73-R96

circa theoriam quantorum in physica, bandito dalla Pontificia Accademia delle Scienze nel 1929, per il suo lavoro *Intorno alla teoria dei quanti* pubblicato nel 1931⁶².

Messina

Nel 1936/37 e nel 1937/38 fu incaricato del corso Antonio Rostagni (1903-1988), professore straordinario di fisica sperimentale, che nel 1938 si trasferì a Padova sul posto lasciato da Bruno Rossi per effetto delle leggi razziali. Nel 1942-43 l'incarico passò a Virgilio Polara (1887-1974).

Modena

A partire dall'anno accademico 1936/37 fu incaricato del corso Mariano Pierucci (1893-1976), titolare della locale cattedra di fisica sperimentale, che conservò l'incarico di fisica teorica per diciotto anni.

Palermo

Nell'anno accademico 1936/37 il corso di fisica teorica fu affidato per incarico a Emilio Segrè (1905-1989). Il primo a occupare la cattedra di fisica teorica palermitana fu poi Giancarlo Wick nel 1937/38. Nel 1939/40 e nel 1942-43 fu incaricato del corso Edoardo Gugino (1895-1967), ordinario di meccanica razionale, mentre nel 1940/41 tenne il corso Cosimo Cannata (1903-?).

Pavia

Nel 1936/37 il corso di fisica teorica fu affidato per incarico a Paolo Rossi (1878-1940). Successivamente, dal 1937/38 al 1941/42, passò a Rocco Serini, ordinario di fisica matematica, ternato nel concorso di Cagliari del 1925, e dal 1942/43 a Piero Caldirola (1914-1984), che tenne il corso fino al 1955.

Cagliari

Nel 1937/38 fu incaricato del corso di fisica teorica Ivo Ranzi (1903-1985), che quell'anno era incaricato anche del corso di fisica sperimentale. Nel 1940/41 fu incaricato del corso Guglielmo Righini (1908-1978). Nel 1942-43 il corso fu tenuto per supplenza da Giuseppe Frongia (1908-1982), in seguito ordinario di fisica sperimentale nello stesso Ateneo.

Parma

Fu l'unica università statale italiana che, pur prevedendo un corso di laurea in fisica, non attivò un corso d'insegnamento di fisica teorica fino al secondo dopoguerra.

⁶² P. Straneo, *Intorno alla teoria dei quanti*, «Memorie della Pontificia Accademia delle Scienze Nuovi Lincei», Vol. XV, 1931.