

## IL CORSO DI FISICA TEORICA DI ETTORE MAJORANA: IL RITROVAMENTO DEL DOCUMENTO MORENO

S. ESPOSITO

ABSTRACT. Viene inquadrato storicamente ed analizzato in dettaglio il corso di Fisica teorica svolto nel 1938 all'Università di Napoli da Ettore Majorana, prima della sua misteriosa scomparsa. In particolare si relaziona sul recente ritrovamento di un quaderno appartenuto ad Eugenio Moreno in cui sono riportati gli appunti delle lezioni di Majorana, sei delle quali non sono contenute nella raccolta delle dieci lezioni finora note e conservate a Pisa.

### 1. INTRODUZIONE

L'interesse per l'opera di Ettore Majorana, da parte di chi non lo ha conosciuto personalmente, può superficialmente essere generato da un apprezzamento che ne fece Enrico Fermi e testimoniato da un altro fisico, Giuseppe Cocconi. Poco dopo la misteriosa scomparsa di Majorana (avvenuta nel marzo del 1938), per far comprendere a Cocconi che cosa significasse per la Fisica la perdita di Majorana, Fermi si esprime in tal modo: "...poi ci sono i geni, come Galileo e Newton. Ebbene, Ettore era uno di quelli. Majorana aveva quel che nessun altro al mondo ha..." [1]. Un giudizio simile fu espresso da Fermi anche in altre occasioni, più ufficiali, come ad esempio nella vicenda del concorso a cattedra del 1937 (che valse a Majorana il posto di professore ordinario di Fisica teorica "per alta fama di singolare perizia", indipendentemente dalle usuali regole concorsuali), o nella lettera indirizzata a Mussolini per richiedere ricerche approfondite sulla scomparsa di Majorana [2]. Tali apprezzamenti possono apparire, soprattutto sulle labbra di Fermi, alquanto esagerati se posti in relazione alla scarsa produzione scientifica nota, appena nove articoli pubblicati su riviste scientifiche, sebbene il nome di Majorana sia largamente noto tra gli specialisti soprattutto (ma non solo) per l'ipotesi del *neutrino di Majorana*, ampiamente usata dai fisici delle particelle elementari e attualmente al vaglio dell'osservazione sperimentale.

Una luce sulle singolari capacità di Majorana ci viene invece offerta dalla vasta produzione di scritti inediti, quasi totalmente conservati alla Domus Galilaeana in Pisa, una parte dei quali (i "Volumetti") è stata recentemente pubblicata [3]. Tuttavia qui ci si occuperà del Majorana docente di Fisica teorica, così come testimoniato dai suoi allievi e desunto dalle lezioni tenute all'Università di Napoli. Soprattutto si farà riferimento all'importante recentissimo ritrovamento di alcuni documenti contenenti, tra l'altro, sei lezioni precedentemente ignote, a fronte delle dieci di cui si conserva l'originale manoscritto a Pisa. Il valore di tale ritrovamento, non solo per il contenuto scientifico dei documenti, ma anche per l'inquadramento storico particolareggiato delle lezioni e degli ultimi giorni a Napoli di Majorana prima della sua scomparsa, verrà evidenziato qui con un certo dettaglio, avvalendosi anche di altre

testimonianze più o meno note relative alla figura di docente del fisico catanese. A tale analisi, per una migliore comprensione, verrà premessa una rapida rassegna sui fatti salienti che portarono Majorana ad insegnare all'Università di Napoli; ulteriori interessanti dettagli possono essere trovati in alcune ottime biografie presenti in letteratura [2], [4].

## 2. IL CONCORSO A CATTEDRA E L'APPRODO A NAPOLI

Nel 1937 l'Università di Palermo, per interessamento di Emilio Segrè, richiese un nuovo concorso per la Fisica teorica. I concorrenti, oltre Majorana (invitato insistentemente a partecipare al concorso da Fermi e dagli amici), erano Leo Pincherle, Giulio Racah, Gleb Wataghin, Gian Carlo Wick e Giovanni Gentile (figlio dell'omonimo filosofo, già ministro). La commissione giudicatrice, riunitasi a Roma, era presieduta da Fermi ed era costituita da Antonio Carrelli (segretario), Orazio Lazzarino, Enrico Persico e Giovanni Polvani.

Prescindendo da diverse possibili interpretazioni, i documenti ufficiali testimoniano che la commissione prospettò al Ministro Bottai (il quale accoglierà la proposta) "l'opportunità di nominare il Majorana professore di Fisica teorica per alta e meritata fama in una Università del Regno, indipendentemente dal concorso" [5]. Attribuita "fuori concorso" la cattedra a Majorana, la commissione formerà poi la terna vincente come segue: 1) G.C. Wick, 2) G. Racah, 3) G. Gentile. Un membro della commissione, Carrelli, era il direttore dell'Istituto di Fisica dell'Università di Napoli, e dovette probabilmente avere un ruolo nella scelta della sede da assegnare per la cattedra di Majorana. Carrelli, infatti, era sostanzialmente un fisico sperimentale *classico* e conosceva bene l'ambiente napoletano, povero di fisici teorici *moderni*, ma da una lettera di Majorana a Gentile [6] si apprende che Majorana era "in rapporti epistolari con Carrelli che è veramente una gran brava persona". La nomina a professore ordinario, partecipata dal Ministro Bottai il 2/11/1937, decorse dal 16 novembre dello stesso anno, ma Majorana si recò a Napoli verso l'inizio dell'anno successivo (probabilmente il 10/1/1938). Qui si rese subito conto dell'esiguità del gruppo di fisici napoletani: "...Praticamente l'Istituto si riduce alla persona di Carrelli, del vecchio aiuto Maione e del giovane assistente Cennamo. Vi è anche un professore di fisica terrestre difficile a scoprire..."<sup>1</sup> [7]. Delle perplessità di Majorana per l'ambiente napoletano (anche il numero degli studenti era molto basso, cinque fisici in tutto, come si vedrà più avanti) testimoniano allo stesso modo alcuni suoi allievi [8], [9]. Tuttavia, in una successiva lettera a Gentile [10], egli dichiarerà di essere "contento degli studenti, alcuni dei quali sembrano risolti a prendere la fisica sul serio".

## 3. IL CORSO DI FISICA TEORICA

Prima dell'arrivo di Majorana a Napoli, il corso di Fisica teorica era tenuto dal direttore Carrelli, e gli argomenti trattati non riguardavano affatto i moderni sviluppi della Fisica quantistica (Sebastiano Sciuti riferisce ironicamente, ad esempio, che un argomento *avanzato* del corso di Carrelli era quello dei moti browniani... [8]).

---

<sup>1</sup>Tale fantomatico professore era, probabilmente, Giuseppe Imbó, Direttore dell'Istituto di Fisica terrestre e quindi non propriamente appartenente all'Istituto diretto da Carrelli. È anche possibile, però, che si trattasse di qualche libero docente in Fisica terrestre (come, ad esempio, Giovanni Platania); tuttavia, nessuna notizia certa si possiede a riguardo.

**3.1. La lezione inaugurale.** Majorana annuncia l'inizio del suo corso per il giovedì 13 gennaio alle nove, ma concorda con il preside della Facoltà “di evitare ogni carattere ufficiale all'apertura del corso” [7]. Di ciò se ne ha traccia indiretta nell'assenza di una tale notizia sui giornali cittadini (come, ad esempio, *Il Mattino*), contrariamente a quanto avveniva per altri corsi, certamente più affollati.

Secondo la testimonianza di Gilda Senatore [9], alla lezione inaugurale non parteciparono gli studenti del corso medesimo (o per espressa indicazione del direttore o per cause contingenti). Lo stesso Majorana afferma che “non è stato possibile verificare se vi sono sovrapposizioni d'orario, così che è possibile che gli studenti non vengano e che si debba rimandare” [7]. Di fatto, la prolusione si terrà come previsto il 13 gennaio nell'aula grande di Fisica sperimentale in Via Tari, senza gli studenti ma con una decina di partecipanti, secondo quanto ricorda Sciuti [8], forse anch'egli presente alla lezione inaugurale. È da notare che se è fondata l'ipotesi secondo la quale la non partecipazione degli studenti fu espressamente voluta (da Carrelli o da altri), ciò potrebbe trovare una valida spiegazione in una antica consuetudine dell'Università di Napoli secondo cui il nuovo docente doveva *dimostrare* agli altri professori dell'Università di essere meritevole del posto che sarebbe andato ad occupare [11]. Tale consuetudine sarebbe rimasta in vigore fino all'insediamento di Felice Ippolito alla Facoltà di Ingegneria nell'immediato dopoguerra. Tuttavia, l'accento riportato sopra ad “evitare ogni carattere ufficiale all'apertura del corso” e la presenza dei familiari di Majorana alla prolusione [2], renderebbero solo probabile il perpetuarsi dell'antica tradizione fridericiana nel caso di Majorana.

La successiva lezione, l'inizio vero e proprio del corso, si tenne il sabato 15 gennaio e il corso proseguirà fino a marzo nei giorni pari (martedì, giovedì e sabato). La sede delle lezioni era un'auletta posta di fronte a quella usata per la prolusione, l'“aula di Fisica superiore” e l'“aula di Fisica teorica”, situata al pian terreno dell'Istituto di Via Tari e che affacciava su un largo all'interno del cortile dell'Università [8].

**3.2. Gli studenti del corso.** Gli studenti *fisici* che partecipavano al corso erano cinque: Nella Altieri, Laura Mercogliano, Nada Minghetti, Gilda Senatore e Sebastiano Sciuti. Le quattro studentesse erano tutte “allievi interni” (per cui oltre a studiare per i corsi, svolgevano anche attività di ricerca, prevalentemente in Fisica classica), e seguirono le lezioni di Majorana quando erano al loro quarto anno di Fisica [9]; una delle loro maggiori preoccupazioni era quella di superare esami, essendosi trovate “fuori corso”<sup>2</sup> [8]. Sciuti, invece, aveva già seguito un corso di Fisica teorica tenuto da Carrelli. Tuttavia egli era desideroso di entrare in contatto con il gruppo di Roma guidato da Fermi (si era iscritto a Fisica a 17 anni proprio accogliendo l'invito di Orso Mario Corbino e Fermi a Roma), e seguire il corso di Majorana (che proveniva dal gruppo di Roma) appariva ai suoi occhi come il primo passo nel raggiungimento del suo obiettivo. Nella loro attività di ricerca, tutti gli

---

<sup>2</sup>Si osservi che, nel corso di Laurea in Fisica negli anni considerati, il corso di Fisica teorica si svolgeva in due parti (come anche altri corsi) tenute, rispettivamente, al terzo ed al quarto anno. Ad eccezione della Senatore, che si laureò un anno più tardi, gli altri quattro studenti si laurearono invece nel dicembre del 1938.

allievi si occupavano prevalentemente di Fisica sperimentale <sup>3</sup>; ad esempio la Altieri veniva seguita dall'assistente Cennamo, mentre la Senatore, sebbene incline alla Fisica teorica, si occupava di Fisica molecolare con l'aiuto Maione e, dopo la scomparsa di Majorana, con Cennamo [9].

Oltre ai cinque studenti di Fisica ricordati sopra, vanno poi aggiunti altri uditori più o meno assidui del corso di Fisica teorica: Mario Cutolo [9], [8] e don Savino Coronato [9]. Il primo, riferisce la Senatore [9], probabilmente partecipava al corso anche perchè invaghito di un'altra studentessa, Nada Minghetti, mentre il secondo era uno studente di Matematica (che si laureerà con Renato Caccioppoli sempre nel 1938), e diventerà poi l'assistente fedele di Caccioppoli all'Istituto di Analisi Matematica; fu probabilmente invitato a seguire il corso dallo stesso Caccioppoli, che aveva partecipato alla lezione inaugurale. In aggiunta a queste informazioni già note, si è poi recentemente scoperto [12] che, oltre ai due uditori appena menzionati, si deve tener conto di un altro probabile assiduo uditore del corso: Eugenio Moreno. Tale presenza al corso di Majorana non era (fino ad oggi) né sospettata né tantomeno documentata, in quanto i testimoni viventi del corso (sostanzialmente Sciuti e la Senatore) non ne avevano mai accennato. La notizia di tale presenza è invece emersa solo recentemente dal figlio di Moreno (deceduto nel 2000), Cesare [12], ed è avvalorata dal ritrovamento degli appunti delle lezioni ricopiati da Eugenio Moreno dagli originali di Majorana.

Eugenio Moreno nacque a Napoli nel 1910 e si iscrisse al corso di Laurea in Matematica nel 1929-1930. Dopo diversi periodi caratterizzati da rinvio militare intervallati da altri periodi di frequenza di corsi di Leva militare, il 30/12/1937 viene messo in congedo (ma successivamente verrà richiamato alle armi) quale Sottotenente di Complemento. Il corso di Majorana, diversamente da altri corsi della Facoltà di Scienze che iniziavano usualmente a novembre (inizio dell'anno accademico) anziché a gennaio, parte dopo pochi giorni del rientro di Moreno all'università.

**3.3. Lo stile.** Majorana, “vestito di blu” [8], aveva sempre un aspetto “triste e perplesso” e ciò, unito alla non facile comprensione degli argomenti avanzati che egli trattava a lezione <sup>4</sup> certamente infondeva una certa soggezione nei giovani uditori del corso di Fisica teorica. D'altro canto, il soprannome di *Grande Inquisitore* gli era stato attribuito già molti anni prima dagli amici di sempre del gruppo di Fermi a Roma [4], [2]. E anche al di fuori del contesto “ufficiale” delle lezioni, Majorana confermava questo comportamento: “salutava e rispondeva gentilmente al saluto e, magari, timidamente sorrideva; si intuiva che doveva essere profondamente buono e sensibilissimo, ma non fu mai estroverso o invitante, anzi fu sempre estremamente schivo” [13]. E ancora: “in quel lungo corridoio buio al piano terra... camminava sempre rasente al muro, silenziosamente e solo, muovendosi come un'ombra” [13]. Quando arrivò a Napoli, certamente il direttore Carrelli dovette parlare degli studenti e delle loro ricerche a Majorana [9], il quale si dovette rendere subito conto del singolare compito che si era apprestato ad accettare con un così esiguo numero

---

<sup>3</sup>Gli argomenti specifici delle ricerche possono essere desunti dai titoli delle loro Tesi di Laurea: *Sull'emissione spettrale in ultrarosso di alcuni fosfati e silicati* (Altieri), *Bande d'assorbimenti d'infrarosso dovute alla presenza del gruppo OH* (Mercogliano), *Emissione totale di metalli al di sotto e al di sopra del punto di fusione* (Minghetti), *Assorbimento e fluorescenza dei sali di chinino* (Senatore), *Ricerche preliminari nell'ultrarosso* (Sciuti).

<sup>4</sup>La Senatore ricorda, tra l'altro, come la matematica che egli usava non era affatto introdotta negli altri corsi universitari [9].

di studenti [9], come già accennato sopra. Tuttavia egli era fermamente deciso a portare a termine in maniera responsabile il compito assunto [13].

A lezione “era chiarissimo nella trattazione dell’argomento che proponeva di volta in volta all’inizio della lezione e che svolgeva con dovizia di particolari, dando sempre la prevalenza alla parte fisica più che a quella matematica; ma quando si volgeva alla lavagna e cominciava a scrivere, faceva calcoli che sul momento non sempre si riusciva a seguire” [13]. Il carattere di Majorana, poi, certamente non invitava i timidi studenti a interromperlo per chiedergli spiegazioni. Talvolta alcune domande gli venivano esplicitamente rivolte solo da Sciuti [8], il quale gli chiese anche se poteva avvalersi dell’ausilio di qualche testo nel seguire le lezioni del corso. A ciò Majorana rispose che avrebbe distribuito degli appunti, e che comunque avrebbe seguito il recente testo di Persico [14] (“un libro in italiano, molto bello”), sebbene apportando alcune “semplificazioni formali” [8]. Sulla base degli appunti delle lezioni pervenuti sino a noi (vedi il prossimo paragrafo), possiamo tuttavia concludere che tali “semplificazioni” non erano affatto sporadiche e accessorie, e che quindi l’impostazione di Majorana era ben diversa da quella usata da Persico [15]. Un altro testo “consigliato” a Sciuti fu quello di Heisenberg [16], ma anche per questo vale la considerazione svolta sopra <sup>5</sup>

Gli studenti in difficoltà con la comprensione degli argomenti trattati non potevano, quindi, contare sull’aiuto di un libro di testo, e la Senatore ricorda che “solo gli appunti presi durante le lezioni e raccordati tra noi dopo, ci permettevano di correlare la parte teorica, magistralmente spiegata, con quella matematica che la giustificava” [13]. Infatti, gli studenti (probabilmente solo quelli “fisici”) usualmente si incontravano il giorno successivo a quello del corso per “confrontare” gli appunti presi a lezione e studiare insieme gli argomenti relativi. Talvolta a lezione, quando Majorana si accorgeva (interrompendosi e voltandosi indietro) che gli studenti stentavano a capire ciò che lui stava esponendo, si fermava e rispiegava lo stesso argomento [9]. “Proprio durante qualcuna di quelle lezioni più aride e più pesanti in quanto l’argomento trattato era afferente essenzialmente a metodi matematici da applicarsi allo studio di fenomeni fisici, Majorana dimenticava forse di essere quel grandissimo scienziato che era, perchè mentre era alla lavagna e scriveva, improvvisamente si fermava, poi si volgeva, ci guardava un attimo, sorrideva e riproponeva la spiegazione facendo aderire il concetto già esposto alle formule che riempivano la lavagna” [13].

#### 4. LE LEZIONI ALL’UNIVERSITÀ

Come visto sopra, secondo quanto ricordato da Sciuti [8], Majorana approntò degli appunti delle sue lezioni da dare ai suoi studenti per facilitarli nella comprensione degli argomenti svolti. Probabilmente (vedi più avanti) ciò avvenne dopo il 22 gennaio 1938, ossia dopo la sua quinta lezione, in quanto in tutti i documenti attualmente noti mancano proprio le prime cinque lezioni (o, più precisamente, le prime quattro lezioni, più la prolusione al corso). La storia di come tali appunti, importantissimi per comprendere l’opera innovatrice di Majorana quale docente,

---

<sup>5</sup>È da segnalare che entrambi i testi citati facevano parte della scarna (appena una quindicina di testi) biblioteca personale di Majorana; in particolare quello di Heisenberg era posseduto nella sua versione originale tedesca del 1930 [17]. Inoltre il riferimento bibliografico al testo di Persico sembra apparire (sebbene cancellato dall’usura del tempo) sul retro del Documento Moreno (sovraccoperta cartacea).

sono giunti ai nostri giorni è piuttosto intrigante, e vale quindi la pena analizzarla con l'ausilio di tutti i documenti a disposizione.

**4.1. Il ritrovamento del Documento Moreno.** Nel settembre 2004, A. Drago e chi scrive hanno raccolto la preziosa testimonianza del figlio di Eugenio Moreno, Cesare, secondo il quale il padre sarebbe stato uno degli assidui frequentatori (non fisici) del corso di Majorana. In tale occasione si è venuti a conoscenza dell'esistenza di un importante documento (che qui verrà chiamato, brevemente, Documento Moreno), in cui Moreno stesso ricopiò fedelmente gli appunti delle lezioni di Majorana.

Prescindendo da tale documento, fino ad ora gli interessati avevano a disposizione solo alcuni originali manoscritti di Majorana, conservati alla Domus Galilaeana a Pisa, e pubblicati alcuni anni or sono in stampa anastatica [18]. L'analisi di tali originali aveva portato a concludere [19] che, eccezion fatta al più per una o due lezioni ritenute mancanti, questi coprissero sostanzialmente tutto il corso di Fisica teorica. Alcuni dubbi [13] su tale conclusione, sostanzialmente basati su ricordi lontani, erano stati sollevati proprio da una studentessa del corso, G. Senatore, la quale ha sempre concordemente affermato che “mancano alcuni capitoli delle lezioni, il cui testo mi fu consegnato, completo persino degli appunti di quella che il professore avrebbe dovuto tenere il giorno successivo alla sua scomparsa. Manca ancora un esiguo gruppo di fogli, scritti anche essi in originale ed in maniera ordinata come gli altri, ma non facenti parte delle lezioni già tenute” [13].

L'importanza notevole del Documento Moreno è duplice: da un lato esso è giunto fino a noi in maniera *completamente* indipendente dal percorso seguito dai manoscritti originali (vedi più avanti), dall'altro *tutte* le lezioni del corso vengono in esso *numerate* e *datate*, contrariamente a ciò che avviene per i manoscritti della Domus Galilaeana (alcune lezioni (le prime) sono datate, mentre le altre (dalla N. 15) sono numerate). Ciò permette, quindi, di ricostruire in maniera dettagliata e univoca tutta l'evoluzione del corso di Fisica teorica tenuto e, forse, può tornare utile anche ai fini dell'indagine storica sugli ultimi giorni di Majorana a Napoli prima della sua scomparsa.

Soffermandosi, poi, anche in maniera superficiale sul testo contenuto nel Documento Moreno, e confrontandolo con quello dei manoscritti conservati a Pisa [18], risultano subito evidenti due grosse peculiarità: 1) il Documento Moreno presenta *sei lezioni inedite* non contenute nei documenti della Domus Galilaeana; 2) le lezioni comuni ad entrambi gli archivi sono *completamente identiche*, per cui la copia effettuata da Moreno deve ritenersi del tutto fedele agli originali. Quest'ultima conclusione è confermata, per quanto riguarda il contenuto scientifico e il modo di presentarlo, dall'analisi approfondita delle sei lezioni inedite e dal confronto con altri scritti di Majorana (i cinque “Volumetti” [3] e i diciotto “Quaderni” conservati a Pisa).

**4.2. Dal 1938 ad oggi.** Gli appunti delle lezioni di Majorana ci sono giunte attraverso diversi percorsi, non tutti facilmente identificabili, e alcuni punti oscuri permangono tuttora.

Il giorno 25 marzo, venerdì, non era prevista alcuna lezione di Fisica teorica (il giorno prima Majorana aveva tenuto la sua ventunesima lezione) ma, secondo quanto racconta la Senatore, “Majorana contrariamente a quanto di solito faceva, venne in Istituto e vi si tratteneva soltanto pochi minuti” [13]. Come ricordato

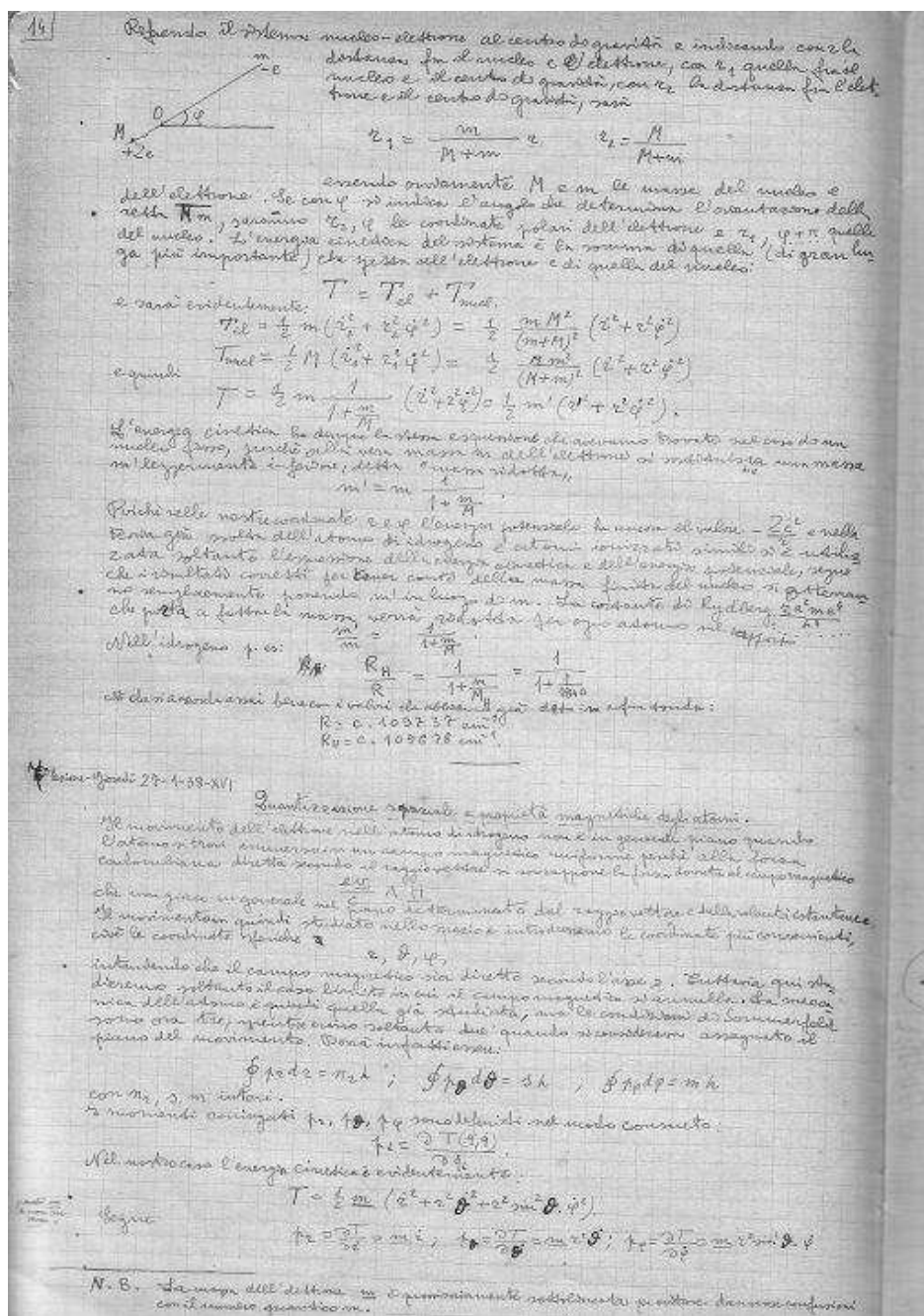


FIGURE 1. Una pagina del Documento Moreno; qui inizia la lezione N.7, la prima lezione inedita di Majorana (la parte iniziale della pagina è invece presente negli originali conservati a Pisa; cfr. [18]). Si osservi come Eugenio Moreno, l'autore del documento, abbia successivamente corretto la numerazione della lezione o come abbia aggiunto una piccola chiosa in basso a sinistra.

sopra, i giorni seguenti alle lezioni, gli studenti si riunivano per studiare gli argomenti trattati in aula, ed è probabile che Majorana era a conoscenza di ciò, per cui venne appositamente in Istituto quel venerdì di marzo per consegnare i suoi appunti [9]. “Dal corridoio che immetteva nell’auletta in cui mi trattenevo scrivendo, mi chiamò per nome: ‘Signorina Senatore...’; non entrò ma si trattenne nel corridoio; lo raggiunsi ed egli mi consegnò una cartella chiusa dicendomi: ‘ecco, prenda queste carte, questi appunti... poi ne riparleremo’; poi andò via e voltandosi ripeté: ‘poi ne riparleremo’ ” [13]. Dopo quel venerdì 25 marzo, la Senatore non si recò all’Istituto di Fisica (dalla provincia di Salerno dove risiedeva) per circa 15 giorni per motivi di salute, e le carte furono conservate nella sua abitazione per molto tempo [9]. La Senatore tenne il riserbo su questa faccenda per molti mesi, ma intanto, dalla testimonianza di un’altra studentessa, N. Minghetti, si è venuti a conoscenza del fatto che alcuni giorni dopo la scomparsa di Majorana, Carrelli aveva chiesto agli studenti gli appunti presi durante le lezioni [20]. Si intendeva qui, probabilmente, la copia degli appunti di Majorana fatta dagli studenti o gli appunti presi direttamente dagli studenti a lezione, ma in ogni caso è rimarchevole l’interesse verso questi appunti già qualche giorno dopo la scomparsa di Majorana.

Allorquando, verso la fine del 1938, la Senatore entrò in stretti rapporti con Francesco Cennamo, assistente del direttore Carrelli, la giovane studentessa fece visionare gli appunti di Majorana da Cennamo, il quale, dopo qualche tempo, ad insaputa della Senatore li portò a Carrelli, forse per discutere di qualche argomento specifico [9]. Carrelli, essendo il consegnatario ufficiale di tutti gli effetti di Majorana, ritenne opportuno di non riconsegnare a Cennamo gli appunti in questione.

La storia successiva degli appunti diventa molto fumosa. Da una lettera del 2/12/1964 di Gilberto Bernardini ad Edoardo Amaldi, che gli aveva chiesto notizie sugli appunti, si apprende quanto segue: “queste sono le pagine delle lezioni di Majorana che finalmente, nel mio sgombero da Ginevra, ho ritrovato. Sono solo una parte. Le altre mi sembra che le avesse Giovannino Gentile o forse non furono mai scritte; precisamente le linee confuse di un ricordo troppo lontano, mi fanno credere che me le avesse date Giovannino per aiutarmi a capire il Dirac” [21]. A far data dal 1965, dunque, gli appunti di Majorana sono nelle mani di Amaldi, il quale successivamente li depositerà, insieme con altri scritti, alla Domus Galilaeana. Tuttavia sul passaggio Carrelli-Bernardini (o Carrelli-Amaldi, supponendo che prima di Bernardini li avesse già avuti Amaldi) non esiste attualmente alcuna documentazione probante. Sembra, comunque, un dato acquisito [9] il fatto che la Senatore venne di nuovo a conoscenza dell’esistenza degli appunti di Majorana solo dopo la morte del marito Cennamo, quando un altro ex-assistente di Carrelli, Elio Tartaglione, su mandato di Cennamo ancora vivente, le rivelò come avvenne il passaggio degli appunti a Carrelli (come menzionato sopra) e consegnò il libro con la stampa anastatica delle lezioni [18]. Sul passaggio delle carte di Majorana da “Napoli” a “Roma” si possono, dunque, avanzare solo congetture, che però qui non verranno prese in considerazione. Deve, tuttavia, essere tenuto presente che se Bernardini le avesse ricevute da G. Gentile [21], gli appunti delle lezioni dovrebbero essere giunti (integralmente o in parte) al gruppo di Fisica di Roma prima del 1942, anno della morte prematura di Gentile, sincero amico di Majorana e figlio del noto senatore, conosciuto da Carrelli.

Il tragitto temporale del Documento Moreno è invece molto più lineare: la copia degli appunti di Majorana è sempre stata conservata da Moreno, e recentemente

recuperata dal figlio nell'abitazione paterna [12].

Un successivo approfondito confronto tra i due documenti ora disponibili potrà, quindi, gettare nuova luce sulla parte mancante dei manoscritti originali.

**4.3. Caratteristiche delle lezioni presenti nel Documento Moreno.** La numerazione e la datazione di ciascuna delle lezioni svolte da Majorana a Napoli tra il gennaio e il marzo del 1938, presente nel Documento Moreno, permette una ricostruzione sufficientemente fedele del corso di Fisica teorica svolto dal grande scienziato. Va tuttavia tenuto presente che per molte informazioni esiste un'unica fonte disponibile, per cui la discussione presentata nel seguito può non essere scevra da possibili difficoltà interpretative. Nella Tabella 1 viene ricostruito un indice delle lezioni: la numerazione, la data di svolgimento e l'argomento trattato nelle lezioni vengono riportati così come compaiono nel Documento Moreno (eccetto per l'ultima riga relativa a materiale presente solo alla Domus Galilaeana). È da notare che, ad eccezione della lezione N.1, la numerazione delle lezioni fatta da Moreno presenta delle cancellature fino alla lezione N.16: un dato numero scritto viene successivamente cancellato e sostituito con quello seguente. Risulta quindi evidente che, mentre Majorana considerava la prolusione al corso come la sua prima lezione, Moreno cominciò a numerare le lezioni iniziando da quella successiva alla prolusione, a partire dalla quale erano presenti gli studenti. Tale "errore" non viene più commesso a partire dalla lezione N.17: considerando che nei manoscritti originali di Majorana la numerazione è presente solo dalla N.15 in avanti (e riportata, in aggiunta, anche nel Documento Moreno), si può concludere che i manoscritti delle lezioni N.15 e N.16 (e forse anche le precedenti) vennero in possesso di Moreno non prima della pausa per le festività di Carnevale (vedi più avanti), ossia dopo l'8 marzo.

La lezione inaugurale fu tenuta, come noto, il 13 gennaio, ma il testo corrispondente non è presente né nel Documento Moreno né alla Domus Galilaeana, e fu ritrovato solo nel 1972 [2] da Erasmo Recami tra le carte conservate dalla famiglia Majorana. Nel Documento Moreno è presente la frase: "Introduzione: argomenti che saranno trattati nel corso", forse indicante che Moreno era presente a tale lezione.

Le successive quattro lezioni, svolte dal sabato 15 al sabato 22 gennaio, non sono pervenute attraverso nessun documento noto. Solamente per queste lezioni, Moreno lascia qualche pagina bianca non scritta, aspettandosi probabilmente di ricevere, anche per queste, gli appunti di Majorana. Gli argomenti qui trattati risultano, quindi, ignoti ma, seguendo Cabibbo [19], si può ritenere che Majorana avesse introdotto la fenomenologia più rilevante per la Fisica atomica. Tale prima parte del corso si estenderà fino alla pausa per le festività di Carnevale, e quindi fino alla lezione N.15 del 17 febbraio.

Il testo delle lezioni dalla N.6 alla N.21 è integralmente presente nel Documento Moreno, e per l'analisi del contenuto delle lezioni conservate anche alla Domus Galilaeana si rimanda alla discussione in [19].

La lezione N.7 è la prima presente nel Documento Moreno ma mancante nell'archivio di Pisa. In essa viene affrontata la quantizzazione del momento angolare e viene introdotta l'ipotesi dell' *spin*, che servirà poi di base per le successive lezioni sul sistema periodico degli elementi e sugli spettri atomici. L'esistenza di tale lezione, niente affatto sospettata prima del rinvenimento del Documento Moreno, conferma quindi l'attitudine di Majorana di introdurre in modo dettagliato ed esauriente i concetti nuovi che gli studenti non avevano affrontato in corsi precedenti.

La lezione di martedì 1 febbraio non viene svolta, probabilmente per il concomitante XV anniversario della fondazione della Milizia Fascista.

La lezione N.10 del 5 febbraio è la seconda lezione non presente alla Domus Galilaeana ma riportata nel Documento Moreno. In essa si prosegue con la teoria classica dell'irraggiamento (un argomento su cui Majorana si è spesso soffermato nei suoi studi personali [3]), e viene anche discusso un peculiare (e semplice) fenomeno fisico (la diffusione della luce solare da parte dell'atmosfera) difficilmente (e stranamente) presente in un corso di Fisica teorica. Sull'esistenza di tale lezione (o almeno per la sua prima parte) già si era ipotizzato [19], in quanto la lezione precedente (la N.9) era evidentemente incompleta.

Le successive quattro lezioni, svolte da martedì 8 a martedì 15 febbraio, anch'esse non presenti alla Domus Galilaeana, sono invece completamente inaspettate, in quanto trattano di un argomento di cui non si sospettava affatto: la Teoria della Relatività. Tale argomento, importantissimo per la Fisica, nel 1938 ancora era sporadicamente avvertito da alcuni fisici in Italia (si ricordi, ad esempio, l'opposizione di Quirino Majorana, zio di Ettore), e non era usualmente trattato nei corsi di Laurea in Fisica. Dal Documento Moreno si apprende, quindi, che fu Majorana il primo fisico ad introdurre in un corso di Laurea in Fisica a Napoli la Teoria della Relatività<sup>6</sup>. In queste quattro lezioni, egli la espone secondo il suo abituale modo di procedere, partendo dalla semplice fenomenologia e introducendo solo dopo il formalismo matematico. Nella prima lezione di questo "inserto", Majorana dapprima discute il principio di relatività galileiana, poi passa alla questione dell'esistenza dell'etere con l'esperimento di Michelson e Morley, ed infine introduce (in un modo interessante e semplice) le trasformazioni di Lorentz, con applicazione al caso del campo elettromagnetico. Nella successiva lezione discute, quindi, gli aspetti formali della Teoria della Relatività di Einstein, e ritorna poi nuovamente a considerare il caso elettromagnetico (ma questa volta soffermandosi sui potenziali invece che sui campi). La questione della somma relativistica delle velocità viene invece affrontata (partendo, in modo originale, dalle formula di Fresnel per l'esperimento di Fizeau sulla misura della velocità della luce) nella terza lezione in oggetto, in cui viene anche discussa l'invarianza relativistica della carica elettrica. Tra la fine della terza e l'inizio della quarta lezione dell'"inserto di Relatività" è poi introdotta in modo molto dettagliato, e partendo da un principio variazionale (vedi anche [3]), la dinamica relativistica dell'elettrone. Le lezioni mancanti nell'archivio di Pisa terminano, quindi, con la discussione dell'effetto fotoelettrico (e la sua interpretazione einsteiniana) e della diffusione Thomson. Proprio guardando a questi ultimi due argomenti e al seguente nella successiva lezione (l'effetto Compton), si può allora ipotizzare che Majorana abbia introdotto la Teoria della Relatività nel suo corso per permettere una discussione approfondita e chiara di quei fenomeni appena citati che, pur facendo parte del grande alveo della Fisica quantistica (argomento di elezione dei corsi di Fisica teorica moderni), richiedevano l'uso della Teoria della Relatività per una loro corretta interpretazione.

Il corso si interrompe giovedì 17 febbraio per poi riprendere martedì 8 marzo con l'introduzione del formalismo della Meccanica Quantistica. Tale lunga interruzione

---

<sup>6</sup>Si noti, tuttavia, che questa (soprattutto la Teoria della Relatività Generale), era in quegli anni materia affrontata dai matematici piuttosto che dai fisici, come ad esempio il caso dell'insigne matematico Roberto Marcolongo, già docente all'Università di Napoli.

è certamente giustificata, almeno in parte, dalle festività per il Carnevale (i corrispondenti giorni di vacanza accademica andavano dal 24 febbraio al 2 marzo); tuttavia, il forse eccessivo periodo di vacanza potrebbe anche essere correlato ad altri avvenimenti di rilievo (appresi dai quotidiani dell'epoca) quali, ad esempio, lo sbarco a Napoli di Bruno Mussolini e dei suoi "sorci verdi" il 22 febbraio con la concomitante adunata dei Fasci Universitari, e la morte di G. D'Annunzio il 2 marzo.

Il testo degli appunti delle lezioni dalla N.15 all'ultima N.21 del 24 marzo riportato nel Documento Moreno è identico a quello presente nei manoscritti della Domus Galilaeana, ed è stato già discusso in [19]. Vi è solo da notare, da un punto di vista storico, lo slittamento della lezione prevista per martedì 15 marzo "per la venuta di S.M. il Re" (come riportato nel Documento Moreno)<sup>7</sup> e la lezione di sabato 19 marzo, soppressa per la "festa di S. Giuseppe" (vedi Documento Moreno).

I documenti relativi alle lezioni di Majorana conservati alla Domus Galilaeana terminano con un appunto non numerato e non datato, sostanzialmente diverso dai precedenti (con molte cancellature, sembra in forma preliminare [18]), che non è presente nel Documento Moreno. La Senatore, studentessa del corso, interpreta ([13], vedi anche [19]) come la lezione che "il professore avrebbe dovuto tenere il giorno successivo alla sua scomparsa". Tale ipotesi è certamente molto verosimile, ma è comunque difficile non notare che gli argomenti qui trattati in maniera molto estesa (sostanzialmente si tratta di applicazioni di Fisica atomica e molecolare) sembrano non collegati direttamente a quelli della lezione N.21.

## 5. CONCLUSIONE

Il ritrovamento del Documento Moreno, unitamente ad alcune testimonianze finora poco o per nulla conosciute, permettono un inquadramento storico molto dettagliato del corso di Fisica teorica svolto a Napoli da Majorana.

L'importanza di tale ritrovamento risiede innanzitutto nel fatto che le 53 pagine manoscritte da Eugenio Moreno riportano, senza ombra di dubbio, il testo degli appunti delle lezioni approntati da Majorana per gli studenti. Tale conclusione emerge chiaramente da molteplici confronti del testo, presente nel Documento Moreno, con quello delle lezioni autografe originali conservate a Pisa, così come con quello presente in molte altre pagine (edite ed inedite) scritte da Majorana (principalmente i cinque "Volumetti" e i diciotto "Quaderni", anch'essi conservati a Pisa). Da un punto di vista strettamente scientifico, l'attuale ritrovamento ha portato alla scoperta di sei lezioni non note in precedenza, quattro delle quali hanno per argomento la Teoria della Relatività, inaspettatamente presente nel corso di Fisica teorica di Majorana.

In aggiunta al testo ricopiato dagli originali di Majorana, il Documento Moreno riporta anche delle significative annotazioni, non presenti negli originali stessi (e non desumibili da altre fonti, se non in maniera parziale e approssimata) e che consistono, principalmente<sup>8</sup>, nella numerazione e datazione di tutte le lezioni.

<sup>7</sup>Il Re Vittorio Emanuele III, con il Ministro dell'Educazione Bottai, inaugurò a Napoli in tale data la "Mostra sui Tre Secoli di Pittura" napoletana dal 1600 al 1800.

<sup>8</sup>Nel Documento sono anche riportate alcune chiose a margine del testo, scritte da Moreno e volte, tipicamente, a segnalare o un abuso di notazione, o la numerazione impropria di qualche equazione o, ancora, alcune parole scritte da Majorana e non comprese da Moreno. Tali annotazioni sono rilevanti soprattutto per un'analisi approfondita del testo e dei contenuti del Documento Moreno che, però, non è il fine del presente lavoro.



Questa importantissima nuova fonte di informazioni, tuttavia, non solleva lo studioso dal porsi alcune fondamentali questioni emerse proprio dal ritrovamento del Documento Moreno. Stabilita con certezza l'autenticità del Documento, sia per il contenuto (Majorana) che per l'estensione (Moreno), sorge quindi spontaneo domandarsi se Moreno fosse stato presente alle lezioni e come abbia ottenuto gli appunti originali di Majorana.

La soluzione più semplice a tali questioni ci è offerta dalla testimonianza di Cesare Moreno [12], in base alla quale il padre Eugenio ha sempre concordemente raccontato ai figli di essere stato presente assiduamente alle lezioni di Majorana e di aver ricevuto in quella sede gli appunti. Tale testimonianza, tuttavia, si scontra con quella di altri testimoni del corso, principalmente Sciuti e la Senatore, che invece affermano di non ricordarsi affatto della presenza di Moreno. Per dirimere la questione, quindi, sono necessari documenti che non si affidino, possibilmente, solo a ricordi lontani.

Si vogliono qui ricordare solo alcuni particolari, già menzionati nelle pagine precedenti, che, ad avviso di chi scrive, dovrebbero essere tenuti in debito conto per la risoluzione della "questione Moreno".

Innanzitutto è da segnalare una coincidenza di date: Moreno rientra dal servizio militare il 30 dicembre 1937, per cui se era sua intenzione seguire qualche corso al suo rientro all'Università, avrebbe trovato un valido candidato nel corso di Majorana che iniziava proprio a gennaio (contrariamente da altri possibili corsi di suo interesse che già erano iniziati).

La presenza nel Documento Moreno della numerazione e datazione dettagliata di tutte le lezioni (comprese le annotazioni particolari per i giorni di festa), non presente negli originali di Majorana, difficilmente potrebbe essere stata ricostruita, soprattutto molto tempo dopo la scomparsa di Majorana (vedi più avanti), da persone non testimoni del corso, dovendo presumere, inoltre, nessun intento di tipo storico. Di conseguenza, pur volendo scartare l'ipotesi della presenza di Moreno alle lezioni, si dovrebbe almeno acconsentire all'ipotesi che Moreno, nello stilare il Documento, abbia avuto a disposizione almeno *due* fonti: sia gli originali di Majorana sia gli appunti o altre informazioni da testimoni diretti del corso.

Gli appunti originali di Majorana, secondo la testimonianza della Senatore [9], [13], furono consegnati da Majorana stesso alla Senatore il 25 marzo 1938, ed entrarono in possesso di Carrelli (tramite Cennamo) quasi un anno dopo. Poiché la Senatore non ricorda Moreno, quest'ultimo deve aver avuto tra le proprie mani gli appunti o prima della scomparsa di Majorana (e quindi durante lo svolgimento del corso, ma non necessariamente a lezione) o circa un anno dopo. La prima ipotesi si scontra con il fatto che nel Documento Moreno è presente anche il testo degli appunti della lezione del 24 marzo, e gli originali dovevano essere in possesso di Majorana in quella data (tuttavia tale ipotesi potrebbe anche essere spiegata assumendo che Majorana dava, con alcuni giorni di anticipo, il testo degli appunti, almeno da un certo punto in avanti). La seconda ipotesi, al pari, si scontra con la difficoltà della ricostruzione storica dettagliata e particolareggiata delle date di svolgimento delle lezioni.

Dettagli non secondari, emersi dall'analisi anche superficiale del Documento Moreno, sono poi i seguenti. Moreno lascia circa tre pagine non scritte per ciascuna delle prime quattro lezioni di Majorana (il cui testo non è disponibile). Ciò sembrerebbe indicare, da un lato, che Moreno non ricevette tutte le lezioni di Majorana

in un'unica soluzione o almeno che egli non sapeva che fossero tutte le lezioni (altrimenti non avrebbe lasciato pagine bianche; inoltre, fino alla lezione N.15 non è presente la numerazione negli originali), mentre dall'altro che Moreno deve aver ricevuto all'inizio almeno più di una lezione, in quanto altrimenti non avrebbe potuto desumere la lunghezza tipica di ciascuna lezione (esattamente circa tre pagine nel proprio formato). Inoltre, il fatto che la numerazione delle lezioni 1-16 sia stata successivamente cancellata e corretta da Moreno, secondo quanto riportato in precedenza, potrebbe essere difficilmente spiegabile se si ammette che Moreno abbia ricevuto tutte le lezioni dopo il corso.

Infine, due ultimi particolari sembrerebbero indicare la presenza di Moreno al corso, almeno in due occasioni. Il primo è la presenza sulla sovraccoperta del Documento Moreno del riferimento bibliografico del libro di Persico che, secondo quanto ricordato sopra, fu consigliato da Majorana a Sciuti, il quale è l'unico testimone che ha riportato tale particolare [8]. Il secondo è il fatto che il Documento Moreno termina con il numero e la data della presunta lezione di sabato 26 marzo, lezione che purtroppo non fu mai tenuta per la scomparsa di Majorana, e la cui annotazione in un quaderno è quanto meno strana se tale quaderno fosse stato redatto successivamente (e di molti mesi) la scomparsa.

In conclusione, in base alle conoscenze attuali, sebbene la soluzione più semplice testimoniata anche da Cesare Moreno sembri la più verosimile e attendibile, la "questione Moreno" non può dirsi completamente risolta. Oltre che in tale direzione, tuttavia, i passi successivi saranno principalmente rivolti allo studio approfondito dei contenuti scientifici delle sei lezioni inedite, che già ad un'analisi preliminare si rivelano particolarmente interessanti.

#### RINGRAZIAMENTI

Voglio qui esprimere la mia profonda gratitudine ad Antonino Drago e a Cesare Moreno, senza l'intervento dei quali non sarebbe stato possibile rintracciare il Documento Moreno. Sono inoltre molto grato ad E. Recami per tutto il materiale documentario e fotografico messi a disposizione e, per la fattiva collaborazione, a Francesco Guerra, Bruno Preziosi e a A. De Gregorio, G. Longo, F. Lizzi, E. Majorana jr, G. Mangano, G. Miele, O. Pisanti.

#### REFERENCES

- [1] Lettera di G. Cocconi ad E. Amaldi del 18/7/1965, riportata in [2].
- [2] E. Recami, *Il caso Majorana* (Oscar Mondadori, Milano, 1991, seconda edizione); *idem* (Di Renzo, Roma, 2002, quarta edizione riveduta ed ampliata). Vedi anche E. Recami, *Ettore Majorana: L'opera scientifica edita ed inedita*, Il Nuovo Saggiatore **3-4** (1999) 14.
- [3] S. Esposito, E. Majorana jr, A. van der Merwe and E. Recami, *Ettore Majorana: Notes on Theoretical Physics* (Kluwer, New York, 2003).
- [4] E. Amaldi, *La Vita e l'Opera di E. Majorana* (Accad. Naz. dei Lincei, Roma, 1966).
- [5] Lettera della Commissione al Ministro Giuseppe Bottai del 25/10/1937, riportata in [2].
- [6] Lettera di E. Majorana a G. Gentile del 21/11/1937, riportata in [2].
- [7] Lettera di E. Majorana alla famiglia dell' 11/1/1938, riportata in [2].

- [8] Testimonianza di Sebastiano Sciuti raccolta da L. Bonolis con C. Bernardini nel luglio 2001. Si ringrazia la Dr.ssa Bonolis per aver gentilmente messo a disposizione il testo di tale intervista.
- [9] Testimonianza di Gilda Senatore Cennamo raccolta da S. Esposito nel febbraio 2004.
- [10] Lettera di E. Majorana a G. Gentile del 2/3/1938, riportata in [2].
- [11] B. Preziosi, intervento al XXIV Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, Napoli, 3/6/2004.
- [12] Testimonianza di Cesare Moreno raccolta da A. Drago e S. Esposito il 16/9/2004.
- [13] G. Senatore, Intervento al Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli "Federico II" nel marzo 1998.
- [14] E. Persico, *Fondamenti della meccanica atomica* (Zanichelli, Bologna, 1936).
- [15] A. Drago e S. Esposito, *Following Weyl on Quantum Mechanics: the contribution of Ettore Majorana*, Found. Phys. **34** (2004) 871.
- [16] W. Heisenberg, *Die Physikalischen Prinzipien der Quantentheorie* (Hirzel, Lipsia, 1930).
- [17] E. Majorana jr., comunicazione privata.
- [18] E. Majorana, *Lezioni all'Università di Napoli* (a cura di B. Preziosi) (Bibliopolis, Napoli, 1987).
- [19] N. Cabibbo, *Le lezioni di Majorana* in [18].
- [20] B. Russo, *Ettore Majorana: Un giorno di marzo*, (Flaccovio, Palermo, 1997).
- [21] Lettera di G. Bernardini a E. Amaldi del 2/12/1964, riportata in [18].

*S. Esposito*: DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE, UNIVERSITÀ DI NAPOLI "FEDERICO II" & I.N.F.N. SEZIONE DI NAPOLI, COMPLESSO UNIVERSITARIO DI M. S. ANGELO, VIA CINTHIA, 80126 NAPOLI (Salvatore.Esposito@na.infn.it)

N.	Data	D. M.	D. G.	Argomento
1.	Giovedì 13-1-38	mancante	mancante	Prolusione. Introduzione: argomenti che saranno trattati nel corso.
2.	Sabato 15-1-38	mancante	mancante	
3.	Martedì 18-1-38	mancante	mancante	
4.	Giovedì 20-1-38	mancante	mancante	
5.	Sabato 22-1-38	mancante	mancante	
6.	Martedì 25-1-38	presente	presente	- Formula della struttura fina. Conferme sperimentali e difficoltà. - Il trascinamento del nucleo.
7.	Giovedì 27-1-38	<u>presente</u>	mancante	- Quantizzazione spaziale e proprietà magnetiche degli atomi. - Generalità sugli spettri dei metalli alcalini e l'ipotesi dell'elettrone rotante.
8.	Sabato 29-1-38	presente	presente	- Il principio di Pauli o principio di esclusione e l'interpretazione del sistema periodico degli elementi. - Le condizioni di Sommerfeld per il calcolo dei livelli energetici dei metalli alcalini.
9.	Giovedì 3-2-38	presente	presente	- Lo spettro degli atomi con due elettroni di valenza. - La teoria classica dell'irraggiamento.
10.	Sabato 5-2-38	<u>presente</u>	mancante	- Integrazioni delle Equazioni di Maxwell e applicazioni all'irraggiamento di un sistema oscillante di dimensioni piccole rispetto alla lunghezza d'onda emessa. - Diffusione della luce solare da parte dell'atmosfera.

TABLE 1. Ricostruzione dell'indice delle lezioni di Majorana a Napoli, come emerge dal Documento Moreno. Nelle prime due colonne è indicata la numerazione e la data della lezione. Nelle successive due colonne viene invece indicata la presenza o meno della lezione nel Documento Moreno (D.M.) e/o nei manoscritti della Domus Galilaeana (D.G.). Infine nell'ultima colonna viene riportato il titolo dei paragrafi di ciascuna lezione presenti nel Documento Moreno (o nei manoscritti della D.G.). Una sottolineatura evidenzia le lezioni non comprese in entrambi gli archivi con-

N.	Data	D. M.	D. G.	Argomento
11.	Martedì 8-2-38	<u>presente</u>	mancante	- Il principio di relatività nella meccanica classica. - Esperienza di Michelson e Morley. - Le trasformazioni di Lorentz.
12.	Giovedì 10-2-38	<u>presente</u>	mancante	- Il principio di relatività secondo Einstein. - Le leggi di trasformazione dei potenziali elettromagnetici.
13.	Sabato 12-2-38	<u>presente</u>	mancante	- Formula di Fresnel ed esperienza di Fizeau. - Invarianza della carica elettrica. - Lo spazio di Minkowski. - Equazioni del movimento per un elettrone in un campo elettromagnetico arbitrario.
14.	Martedì 15-2-38	<u>presente</u>	mancante	- Dinamica relativistica dell'elettrone. - Effetto fotoelettrico. - Relazione fra potenziale e lunghezza d'onda. - Diffusione dell'elettrone libero (formula di Thomson).
15.	Giovedì 17-2-38	presente	presente	- Effetto Compton. - Esperienza di Franck e Hertz.
16.	Martedì 8-3-38	presente	presente	Nozioni sul calcolo delle matrici: - Spazio di vettori in $n$ dimensioni. - Matrici e operatori lineari.
17.	Giovedì 10-3-38	presente	presente	- Sistemi unitari. - Operatori Hermitiani. Forme Hermitiane.
18.	Sabato 12-3-38	presente	presente	- Riduzione contemporanea in forma diagonale di operatori commutabili. - Matrici infinite.

TABLE 1. Continuazione.

N.	Data	D. M.	D. G.	Argomento
19.	Giovedì 17-3-38	presente	presente	- Integrali di Fourier. La Meccanica Ondulatoria. - Le onde di De Broglie.
20.	Martedì 22-3-38	presente	presente	- Velocità di fase e velocità di gruppo. - Equazione d'onda non relativistica. Interpretazione statistica dei pacchetti d'onda.
21.	Giovedì 24-3-38	presente	presente	- Prima estensione dell'interpretazione statistica e relazioni d'incertezza.
?	?	mancante	<u>presente</u>	- Sul significato di stato quantico. - Le proprietà di simmetria di un sistema nella meccanica classica e quantistica. - Forze di risonanza fra stati non simmetrizzati per perturbazione piccola. Caratteri di simmetria non combinabili. - Conseguenze spettroscopiche in atomi con due elettroni. Risonanza fra buche uguali di potenziali e teoria della valenza omeopolare secondo il metodo degli elettroni leganti. - Proprietà degli stati simmetrizzati che non si ottengono per perturbazione piccola da stati non simmetrizzati. Bande alternate, idrogeno, ... .

TABLE 1. Continuazione.