

## **Angelo Battelli e Antonio Garbasso: l'ingresso della "Nuova Fisica" a Pisa**

Nel 1893 Angelo Battelli, Professore di Fisica Sperimentale dal 1889, dopo un biennio trascorso rispettivamente prima a Cagliari, e poi a Padova, approdava a Pisa come successore di Riccardo Felici (1819-1902) sulla Cattedra di Fisica Sperimentale e sulla Direzione dell'omonimo istituto.

Due anni dopo, nel 1895, arrivava a Pisa, come Professore Incaricato di Fisica Matematica, Antonio Garbasso. Garbasso proveniva da un soggiorno di studio in Germania, prima a Bonn, presso l'istituto diretto da H. Hertz e poi a Berlino presso H. L. von Helmholtz, durante il quale aveva approfondito le basi sperimentali della teoria elettromagnetica della luce, argomento della sua tesi di laurea a Torino (1892). Tra Battelli e Garbasso nascerà subito una stretta collaborazione scientifica, che durerà per tre anni, fino al trasferimento di Garbasso a Torino nel 1898, motivata da una grande scoperta, avvenuta proprio subito dopo l'arrivo di Garbasso a PISA, quella dei Raggi X.

Cercheremo di mostrare come questa collaborazione, resa possibile non solo dalle competenze e dagli interessi comuni di Battelli e Garbasso, ma anche dalla lunga tradizione di ricerca sperimentale sui fenomeni elettromagnetici portata avanti da Felici, anche con l'acquisizione di ottime attrezzature in questo campo, porterà all'entrata a Pisa della Nuova Fisica, ponendo il Regio Istituto di Fisica in una posizione di primo piano, non solo a livello nazionale, ma anche internazionale, su argomenti di frontiera, pur nei limiti della situazione italiana generale.

### **La scoperta dei raggi X**

Un settore di ricerca molto sviluppato nella seconda metà dell'Ottocento, nell'ambito dell'elettromagnetismo, era quello dello studio della scarica elettrica nei gas rarefatti. La ragione era dovuta al fatto che con questi studi si sperava di risolvere un grosso problema della fisica del tempo, cioè quello di capire «il segreto dell'elettricità», ossia la natura dell'elettricità e il rapporto elettricità-materia. Il vantaggio di questo tipo di studi era che si studiava l'interazione elettricità-materia nel caso in cui la materia era nello stato più semplice (quello gassoso). In più, per questo stato esisteva, eventualmente, una teoria di riferimento (la teoria cinetica dei gas). Sarà proprio attraverso questa strada che il 7 agosto 1897, J.J. Thomson scoprirà che i "raggi catodici", cioè quei "raggi" emessi perpendicolarmente al catodo e sempre presenti nei processi di scarica, erano in realtà particelle, e rappresentavano un primo costituente atomico negativo: l'elettrone.

Poco prima, precisamente l'8 novembre 1895, sempre attraverso questo tipo di ricerche, un'altra scoperta sensazionale veniva fatta, questa volta da parte di Wilhelm Conrad Röntgen: quella dei Raggi X Röntgen, nel suo laboratorio a Würzburg, stava lavorando con un tubo in cui era stato praticato un vuoto molto spinto (o un tubo di Crookes o un tubo di Lenard) connesso a una grossa bobina a induzione. Il tubo era totalmente schermato da un cartone nero e posto in una stanza "completamente buia". In queste condizioni, l'8 novembre 1895, scoprì che uno schermo fluorescente (platino-cianuro di bario) posto nelle vicinanze del tubo, "si illumina brillantemente", anche a una distanza di 2 metri dal tubo. Poiché il tubo era racchiuso dentro un cartone nero, la fluorescenza vista non poteva essere attribuita alla luce visibile o alla luce ultravioletta proveniente dalla scarica all'interno del tubo, e neppure poteva essere attribuita ai "raggi catodici", emessi dal catodo, e fuoriusciti dal tubo, poiché era noto che questi "raggi" avevano un cammino libero in aria di soli 10 cm. Attraverso una prima serie di osservazioni Röntgen giungeva alla conclusione che la fluorescenza era dovuta a una nuova forma sconosciuta di radiazione invisibile, estremamente penetrante (ad esempio poteva passare attraverso «un libro di 1000 pagine o attraverso una lamina di Alluminio spessa 15 mm»), che veniva emessa nel punto di impatto dei raggi catodici con la parete del tubo e che era in grado di impressionare una lastra fotografica. Questa nuova radiazione, che sembrava anche che venisse riflessa, ma non rifratta, fu chiamata da Röntgen, «per amore di brevità», Raggi X.

Dopo una serie di verifiche molto puntigliose Röntgen finalmente pubblica i suoi risultati preliminari il 28 dicembre 1895 in un articolo dal titolo "*Eine Neue Art von Strahlen (Vorläufige Mittheilung)*" («Un nuovo tipo di raggi (comunicazione preliminare)», sulla rivista della Società Fisico-medica di Würzburg. Il primo gennaio del nuovo anno 1896 invia gli estratti a un centinaio di studiosi in Germania e nel mondo, anche in Italia, accompagnati da una decina di fotografie, che non compaiono nell'articolo. Per questa scoperta a Röntgen verrà assegnato nel 1901 il Premio Nobel per la Fisica, il primo della Storia, con la motivazione: "*in recognition of the extraordinary services he has rendered by the discovery of the remarkable rays subsequently named after him*". Questi nuovi raggi erano così spettacolari che provocarono un grandissimo interesse in tutto il mondo. Sono famose le prime fotografie ottenute con questi raggi e che mostravano la ormai raggiunta capacità di "fotografare l'invisibile". Tutti i giornali ne parlarono, prima ancora che venisse pubblicato l'articolo di Röntgen, in cui veniva comunicata la scoperta. Ed è proprio dalla lettura dei "giornali politici" che nascerà l'impresa di Battelli e Garbasso, alla "conquista dei Raggi X". Pare infatti che Battelli non avesse ricevuto in anteprima il "plico" di Röntgen.

### **Gli esperimenti di Battelli e Garbasso**

Come i due scrivono nel loro primo articolo, pubblicato sul Nuovo Cimento del gennaio 1896, dal titolo «*Sopra i Raggi del Röntgen*»:

«Appena si seppe dai giornali politici della scoperta fatta dal Röntgen di raggi dotati di proprietà particolari, cercammo di ripetere alcune delle esperienze del fisico tedesco. Siamo riusciti, quasi subito, ad ottenere dei buoni risultati».

Questi risultati, prima ancora di apparire sul *Nuovo Cimento*, venivano comunicati da Battelli, sabato 25 Gennaio 1896, in una Conferenza Pubblica, tenuta nell'aula dell'Istituto di Fisica Sperimentale, dal titolo «Sulle esperienze di Röntgen». I "giornali politici" avevano pubblicato le prime notizie sui nuovi raggi a partire dal 5 gennaio, senza dare naturalmente alcun dettaglio tecnico. E` quindi sorprendente che Battelli e Garbasso siano riusciti non solo a riprodurre le esperienze di Röntgen, ma anche ad ottenere nuovi risultati originali nel giro di pochi giorni. Ecco i resoconti della Conferenza che abbiamo trovato in due pubblicazioni settimanali di Pisa: «*Il Ponte di Pisa*» e «*La Provincia di Pisa*»

«...Assistevano alla Conferenza i vari rappresentanti delle autorità cittadine e tutta Pisa eletta, intellettuale che applaudi vivamente l'illustre conferenziere»

«Alla conferenza furono presentate cinque radiografie molto impressionanti: la mano del prof. Garbasso nella quale l'anello (opaco) e le ossa tutte fino alla prima serie delle ossa carpiane sono di una precisione e di una esattezza straordinaria.....lo scheletro perfettamente visibile di una rana colla spina dorsale traversata da un ago; le ossa della parte posteriore di una cavia dove appare una palla di piombo, che il dott. Barba estrasse durante la conferenza; le membra posteriori di un coniglio che rivelano una frattura nel femore, oltre ad una palla di fucile ivi esistente; finalmente un pezzo anatomico del più grande interesse: la fotografia del dito medio asportato dalla mano di una donna affetta da tubercolosi; è visibile la carie delle falangi e dell'osso metacarpiano, e l'ingrossamento prodotto dal rammollirsi del tessuto osseo all'estremità delle falangi».

Insomma erano bastati a Battelli e a Garbasso soltanto i resoconti giornalistici per ottenere a Pisa le prime radiografie! Comunque il contributo di Battelli e Garbasso andava oltre alla realizzazione di queste immagini. Come avevano anticipato nella Conferenza e poi esplicitato in modo esteso nell'articolo sul Nuovo Cimento, la loro occupazione principale, nel breve periodo trascorso da quando avevano appreso della scoperta di Röntgen, non fu solo quella «di fare delle fotografie», ma «di allargare le ricerche sopra le proprietà e la natura dei raggi di Röntgen».

Come prima operazione, stabilirono che tra i vari tubi a vuoto che avevano a disposizione, e che erano in precedenza «destinati a ripetere le esperienze di Crookes», quello «a forma di pera» era il più idoneo allo scopo. Tra i vari apparati che avevano a disposizione per «eccitare il tubo di Crookes» e quindi per creare un fascio intenso di raggi catodici, esaminarono in successione la macchina elettrostatica di Holtz, il rocchetto di Ruhmkorff, e un altro rocchetto che era servito a Battelli per ripetere, due anni prima, alcune delle esperienze di Tesla. La macchina elettrostatica e il rocchetto di Ruhmkorff mostrarono alcuni inconvenienti, mentre il rocchetto ad alta frequenza ed alta tensione, del tipo Tesla, dava una fluorescenza nel vetro “anche più vivace” e quindi dei raggi catodici più intensi. I tempi di posa potevano essere ridotti addirittura a soli due secondi.

Molto generosamente Battelli e Garbasso fornivano nel loro articolo una descrizione completa dell'apparecchio utilizzato, che non era ancora molto diffuso. Tra le varie lastre fotografiche disponibili stabilirono che le migliori erano le lastre Lumière, rispetto alle più comuni lastre Cappelli. Infine, cercarono di trovare un metodo per ridurre ulteriormente il tempo di posa, scoprendo che la soluzione era quella di porre uno schermo fluorescente dietro la lastra fotografica. Con questa strumentazione, Battelli e Garbasso si misero a studiare varie proprietà dei Raggi X, quali la «trasparenza dei diversi mezzi» rispetto ai raggi X (vedi tabella) e la connessione tra la fluorescenza del vetro prodotta dall'impatto dei raggi catodici e la produzione di raggi X. Trovano anche che molte speciali sostanze minerali, oltre al vetro, se sottoposte alla radiazione catodica permettono di ottenere raggi Röntgen molto intensi, Inoltre, individuano molte altre sostanze che sotto l'azione dei raggi di Röntgen forniscono una fluorescenza anche più intensa di quella del platino-cianuro di bario. Infine dimostrano “oltre ogni ragionevole dubbio” che i raggi X possono essere riflessi, mentre non riescono a dimostrare la possibilità di rifrazione, confermando i primi risultati di Röntgen. I loro dispositivi sono molto semplici e diretti, come mostrano le figure presenti nel loro lavoro.

Successivamente Battelli e Garbasso continuano le ricerche sui raggi X e sui raggi catodici, producendo altre otto pubblicazioni sul Nuovo Cimento nel periodo 1896-1897, di cui diamo la lista completa:

B, “*Sul luogo di emanazione dei raggi Röntgen nei tubi a vuoto, Ricerche di A. Battelli*” N.C. III, p. 129, 1896 (Marzo 1896).

B-G, “*Sopra un modo per ridurre il tempo di posa delle fotografie eseguite coi raggi Röntgen*” N.C. III, p. 167, 1896 (senza data).

B, “*Ricerche sulle azioni fotografiche nell'interno dei tubi di scarica*” N.C. III, p. 193, 1896 (Aprile 1896).

B-G, “*Raggi Catodici e Raggi X - Esperienze ed appunti critici*” N.C. III, p.289, 1896 (maggio 1896).

B-G, “*Azione dei raggi catodici sopra i conduttori isolati - Nota di A. Battelli e A. Garbasso*” N.C. IV, p. 129, 1896 (Pisa-Torino 1896)

B, “*Rapporti tra le azioni fotografiche all'interno e all'esterno dei tubi a vuoto*”. N.C. V, p. 169, 1897 (febbraio 1897) [... portare un contributo alla ricerca della natura dei raggi Röntgen...]

B, “*Rapporti tra i raggi catodici e i raggi di Röntgen*” N.C. V, 386, 1897 (aprile 1897).

B-G, “*Azione dei Raggi catodici sopra i conduttori isolati - Nota 2°* di A. Battelli e A. Garbasso, N.C. VI, p.5 1897 (Pisa luglio 1897)

Riportiamo alcune figure, tipiche dello stile di Battelli e Garbasso, tratte dal lavoro sulle azioni fotografiche all'interno dei tubi di scarica, in cui le pellicole sensibili sono introdotte nei tubi di scarica, secondo varie disposizioni.

Altre sono tratte dal lavoro “*Raggi catodici e raggi X*”, e da “*Rapporti tra i raggi catodici e i raggi del Röntgen*”.

Inoltre Garbasso pubblica una nota *“Sopra un punto della teoria dei raggi catodici”*, sui R. Acc. Lincei (Vol. 5 (1896) - 2, pp. 250-253), presentata da A. Naccari, in cui mostra che la possibilità di deflettere i raggi catodici non si concilia con una loro possibile natura ondulatoria.

Battelli, dal canto suo, per raggiungere un più vasto segmento della comunità scientifica internazionale, pubblica uno dei suoi lavori apparso in italiano sul N.C. anche in inglese, sulla prestigiosa rivista *Philosophical Magazine*, *“Analogy between the cathodic rays and those of Röntgen”*, vol. XLV, 1897-98 (January-June 1898).

Particolarmente significativa è anche una brevissima nota di Battelli e Garbasso *“Sur quelques faits se rapportant aux Rayons de Röntgen”*, apparsa sui *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, (seduta 9 marzo 1896). La nota è estratta da una lettera piuttosto risentita inviata a G. Lippmann, dove gli Autori difendono accanitamente alcuni dei risultati ottenuti nel loro primo lavoro, di cui rivendicano priorità e rilevanza: *“... Nous sera-il permis de rappeler que, dans un travail publié dans le numéro de janvier du Nuovo Cimento, nous avons déjà, entre autres résultats, signalé les suivants: .”*

Complessivamente possiamo rilevare che Angelo Battelli, e il suo giovane collaboratore Antonio Garbasso, subito dopo aver appreso dai giornali l'annuncio della importantissima scoperta fatta da Röntgen, furono immediatamente capaci di inserirsi nella nuova linea di ricerca, non solo riproducendo i risultati già ottenuti, ma ottenendone di nuovi e rilevanti, competitivi a livello internazionale. In questo furono naturalmente aiutati dall'aver un laboratorio ben attrezzato per le ricerche sulle scariche nei gas, e in particolare la disponibilità del rocchetto di Tesla, usato da Battelli per ricerche precedenti.

Consideriamo anche che il periodo era caratterizzato da importantissime scoperte, quali i raggi X (Röntgen, novembre 1895), la radioattività (H. Becquerel, febbraio 1896), l'elettrone nei raggi catodici (agosto 1897, J.J. Thomson). Ci si poteva quindi aspettare un rapido sviluppo di nuova fisica di frontiera a Pisa.

### **Difficoltà nello sviluppo della nuova fisica in Italia**

In realtà, dopo la partenza di Garbasso per Torino nel 1899, Battelli solo per poco continuerà a occuparsi di problemi connessi con i raggi X e i raggi catodici (A. Battelli, A. Stefanini *“Sulla velocità dei raggi catodici e sulla conduttività elettrica nei gas- Ricerche di A. Battelli e A. Stefanini”*, N.C. X, p. 324, 1899). Anche Garbasso a Torino abbandonerà il campo, dopo un lavoro conclusivo sull'argomento generale *“Su la scarica nei gas”*, (N. C. (1901) 1: 321-341, datato Torino, dicembre 1900).

Comunque Battelli fu coinvolto anche in ricerche sulla radioattività (per esempio in collaborazione con F. Maccarrone, *“Se le emanazioni radioattive siano elettrizzate”*, (Rend. Linc. XIII, 539 (1904) - N.C. VII, 259 (1904)), con A. Occhialini e S. Chella, *“Studi di radioattività”*, (Rend. Linc. XV, 262 (1906), N. C. XII, 281 (1906), Phys. Zeits. VIII, 65 (1907), Journ. de Phys.VI, 899 (1907)), arrivando anche a comporre un trattato, in collaborazione con A. Occhialini e S. Chella, *La radioattività*, edito da Laterza, 1909, e tradotto in tedesco e francese, Leipzig J.A. Barth, 1910, Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Quindi, nonostante l'avvio molto promettente e le comprovate potenzialità, una linea generale di ricerca sulla fisica moderna tarda a svilupparsi a Pisa. Sarebbe complesso fare una analisi completa di questo fenomeno. E' certo che la *“viscosità”* dell'ambiente accademico italiano dell'epoca gioca un ruolo importante.

E' istruttivo per esempio seguire i lavori della commissione istruttoria, composta da Blaserna, Morera, Naccari, Righi, Ròiti, per il Premio Reale dato dall'Accademia dei Lincei nel 1906. Assistiamo a un serrato testa a testa tra i due principali concorrenti, Angelo Battelli e Quirino Majorana. Alla fine prevale Battelli. Leggiamo dalla relazione della Commissione la descrizione dei lavori presentati.

Angelo Battelli. Il Battelli concorre con quattordici lavori che per comodità di analisi si ripartiscono in tre gruppi: A), B), C).

A) Lavori di termologia: 1. Densità dell'etere, del solfuro di carbonio e dell'alcool liquidi, sotto la pressione de propri vapori saturi. — 2. Sul calore specifico dei liquidi che solidificano a temperatura molto bassa.

B) Lavori intorno alle scariche oscillatorie: 1. Sulle scariche oscillatorie. — 2. La scarica oscillatoria nei fili di ferro. — 3. La scarica oscillatoria nei solenoidi con anima di ferro. — 4. Ricerche sperimentali sulle scariche in solenoidi con anima di ferro. — 5. L'isteresi magnetica nel ferro per correnti di alta frequenza. — 6. Sulle scariche oscillatorie (parte III). — 7. Ricerche teoriche e sperimentali sulla resistenza elettrica dei solenoidi per correnti di alta frequenza. — 8. La scarica elettrica nel campo magnetico.

C) Lavori vari: 1. Se le emanazioni radioattive siano elettrizzate. — 2. Studi di radioattività. — 3. Sulla natura della pressione osmotica. — 4. Relazione fra la pressione osmotica e la tensione superficiale.

II. Quirino Majorana. Il Majorana presenta cinque lavori a stampa che contengono i risultati di delicate ricerche sperimentali da lui eseguite per constatare se un corpo trasparente, magnetizzabile, posto in un campo magnetico, acquisti proprietà ottiche analoghe a quelle che costituiscono per i dielettrici in un campo elettrico il ben noto fenomeno di Kerr.

Questi lavori portano i titoli seguenti: 1. Su due fenomeni magneto-ottici osservati normalmente alle linee di forze. — 2. Sul metodo e sulle sostanze da adoperarsi per osservare la birifrangenza magnetica. — 3. Sulla birifrangenza magnetica e su altri fenomeni che l'accompagnano. — 4. Sulle rotazioni bimagnetiche del piano di polarizzazione della luce. — 5. Sulla rapidità con cui si manifesta la birifrangenza magnetica.

Possiamo notare che le ricerche di Battelli sui raggi X (ben dodici lavori su ricerche di frontiera) non vengono presentate per il concorso, e che le ricerche di radioattività occupano un posto molto marginale. Ma anche Majorana aveva lavorato intensamente sui raggi X e sui raggi catodici, e decide di non presentare questi lavori per il concorso. Alla fine la Commissione emette le seguenti conclusioni:

“Il primo [Battelli] col complesso dei lavori presentati al concorso si rivela sperimentatore originale, abile, ardito. Egli ha trattato questioni svariate e quasi sempre con ottimo successo; perciò la Commissione unanimemente lo giudica degno del premio. Pure degno del premio appare a giudizio unanime della Commissione il concorrente Majorana, i cui lavori si distinguono per accuratezza, precisione e singolare abilità sperimentale. Di fronte a due concorrenti, ciascuno dei quali conseguirebbe il premio qualora non avesse l'altro a competitore, la Commissione ha dovuto decidere se i loro lavori fossero comparabili e potessero quindi essere graduati per merito relativo. Su questo punto la Commissione è stata unanime nel riconoscere che tale comparazione si potesse fare, trattandosi di ricerche eseguite tutte nel campo della fisica sperimentale; e poi nel giudicare superiori per estensione, difficoltà superate, e portata i lavori del Battelli. Quindi la Commissione propone all'Accademia che il Premio Reale per la Fisica sia conferito al prof. Angelo Battelli. Le conclusioni della Commissione, messe ai voti dal Presidente, sono approvate dall'Accademia.”

Il concorso si svolge quindi tramite confronto su produzione scientifica “tradizionale” e ben comprensibile alla maggioranza della Commissione, dal momento che i candidati hanno scelto di non presentare i loro risultati su argomenti di “nuova fisica”. Insomma, per l'Italia i tempi non sono ancora maturi per una fisica di frontiera!

### **Nadia Robotti**

Dipartimento di Fisica, Università di Genova; I.N.F.N. (Genova); Centro Fermi

### **Francesco Guerra**

Dipartimento di Fisica, Università Roma La Sapienza; I.N.F.N. (Roma); Centro Fermi